

## 明 細 書

## インピーダンスの適応的な整合が可能な携帯無線装置

## 技術分野

- [0001] 本発明は、携帯無線装置に関し、より特定のには、アンテナと送受信回路との間のインピーダンスの適応的な整合が可能な携帯無線装置に関する。

## 背景技術

- [0002] 近年、携帯電話等の携帯無線装置が急速に発達している。携帯電話は、主に、人体に近接して使用される。携帯電話のアンテナが人体に近接すると、アンテナのインピーダンスが変化する。アンテナのインピーダンスが変化すると、アンテナと送受信回路とは、インピーダンスの整合がとれた状態からずれることとなる。インピーダンスの整合がずれることによって、携帯電話の特性が劣化する。そのため、アンテナと送受信回路との間のインピーダンスを自動的に整合するための技術が提案されている。
- [0003] たとえば、特許文献1には、インピーダンスの整合回路内に可変負荷部を設けた無線装置が提案されている。特許文献1に記載されている従来の無線装置は、人体に近接することによって、インピーダンスが整合状態からずれると、整合回路の負荷を調整し、無線機とアンテナとの間のインピーダンスを整合させる。
- [0004] 図67は、特許文献1に記載された従来の無線装置900の構成を示すブロック図である。図67において、従来の無線装置900は、バリキャップダイオードによってインピーダンスを調整するインピーダンス整合回路904を、無線機907とアンテナ901との間に備える。電力探知回路906および902は、それぞれ、インピーダンス整合回路904の前段および後段の信号の電力を表す信号C、Dを生成する。コンパレータ905は、電圧信号C、Dを比較する。印加電圧制御回路903は、比較結果Eに基づいて、電圧信号C、Dの差が小さくなるように、バリキャップダイオードの容量を制御する電圧信号Vを生成し、バリキャップダイオードに供給する。電圧信号Vに応じて、インピーダンス整合回路904は、インピーダンスを調整する。これにより、従来の無線装置は、無線機907とアンテナ901との間のインピーダンスを整合することができる。
- [0005] また、特許文献2には、アンテナと電力増幅部との間のインピーダンスを整合するた

めの方法が開示されている。

- [0006] 特許文献2に記載されている従来の方法では、複数チャネル周波数の一つが指定されたときに、指定されたチャネルにおいて、電力増幅部とアンテナとの間のインピーダンスを調整する。当該従来の方法では、チャネル周波数が設定されたとき、可変素子を駆動モータによって各チャネル周波数の設定同調位置に手動信号を用いて正逆回転させることによって、アンテナ疑似抵抗としての負荷を変化させるプリセット調整動作と、プリセット値を実際のアンテナインピーダンスに整合させるために手動信号によって補正する運用動作とを有する。これにより、指定されたチャネルにおいて、アンテナと電力増幅部との間のインピーダンスが整合されることとなる。
- [0007] また、アンテナの周囲環境が急変した場合、アンテナと送信部との間のインピーダンスを自動的に整合させることができるインピーダンス整合装置が特許文献3に開示されている。
- [0008] 特許文献3に開示されている従来のインピーダンス整合装置は、送信部からアンテナへの伝送路上の複数の各部の電圧を測定して定在波比を検出する定在波比検出部と、上記伝送路上の上記定在波から、伝送路側から見たアンテナ側の現インピーダンスを知るインピーダンス計算部と、送信部側のインピーダンスと上記計算した現インピーダンスとの差をなくす所定の整合用素子の設定値を一覧表として記憶する設定整合テーブルと、上記伝送路から送信電力を受けるアンテナの入力端にインピーダンス調整用に設けられた可変整合部と、現インピーダンスおよび上記設定整合テーブルに基づいて、上記可変整合部の整合素子が所定の値となるように制御する演算制御部とを備える。このように、特許文献3に開示されている従来のインピーダンス整合装置は、送信部側のインピーダンスとアンテナ側の現インピーダンスとの差をなくす所定の整合用素子の設定値を記憶しておき、当該設定値となるように可変整合回路を調整し、送信部とアンテナとの間のインピーダンスを整合させる。
- [0009] また、特許文献4には、アンテナと送受信機との間に選択的に接続されたアンテナの負荷となる複数の容量および複数のインダクタを、負荷抵抗がアンテナの特性インピーダンスよりも大きい小さいかに基づいて、選択的にアンテナと送受信機とに結合するアンテナ・チューナが開示されている。これにより、アンテナ系のチューニング

が可能となる。

特許文献1:特開平11-251928号公報

特許文献2:特開昭60-80323号公報

特許文献3:特開平8-97733号公報

特許文献4:特開昭57-101435号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] 近年の携帯電話は、電話としてのみならず、電子メールの送受信手段やWebの閲覧手段、コンテンツのダウンロード手段等として、利用されている。携帯電話が電話として利用される場合、アンテナは、耳元近傍に位置することとなる。また、待ち受け時には、アンテナは、人体から離れて自由空間上に位置していたり、胸元付近に位置していたり、鞆の中に位置していたりする。電子メールの送受信手段やWebへのアクセス手段として使用される場合、アンテナは、掌付近に位置することとなる。コンテンツのダウンロード手段として利用される場合、携帯電話は、机上に置かれていることもある。このように、携帯電話を使用するときの状態は、多種多様である。加えて、携帯電話を使用するユーザの身体的特徴は様々である。したがって、アンテナのインピーダンスは、使用状態に応じて、様々に変化し、予測が困難な値である。加えて、アンテナのインピーダンスは、使用状態に応じて、瞬時に変化する。

[0011] しかし、特許文献1に開示されている従来の無線装置では、制御を開始するときの初期状態が定められていないので、制御演算の収束が遅く、制御に多くの時間を要するという問題がある。したがって、使用状態に応じてアンテナのインピーダンスが瞬時に変化する近年の携帯電話に対して、特許文献1に開示されている技術を適用することは有効ではない。

[0012] 特許文献2に開示されている従来の方法では、手動でインピーダンスの整合が行われるため、インピーダンスの整合操作に多くの時間が必要となる。したがって、使用状態に応じてアンテナのインピーダンスが瞬時に変化する近年の携帯電話に対して、特許文献2に開示されている技術を適用することは有効ではない。

[0013] 特許文献3に開示されている従来のインピーダンス整合装置では、アンテナのあら

ゆるインピーダンスを想定して、テーブルに記憶しておく必要がある。しかし、携帯電話のようにアンテナのインピーダンスの変化が多様である場合、全てのインピーダンスに対応可能なテーブルを記憶しておくことは困難である。

[0014] 特許文献4に開示されている従来のアンテナ・チューナにおいて、予め用意されている容量およびインダクタは有限である。したがって、特許文献4に開示されている従来のアンテナ・チューナでは、多様に変化するアンテナのインピーダンスに整合させることは困難である。

[0015] それゆえ、本発明の目的は、携帯電話等の携帯無線装置がどのような状態であっても、アンテナと送受信回路との間のインピーダンスを瞬時に適応的に整合させることによって、不整合損を低く抑え、かつ送受信感度を向上させることができる携帯無線装置を提供することである。

#### 課題を解決するための手段

[0016] 上記課題を解決するために、本発明は、以下のような特徴を有する。本発明は、無線通信のための携帯無線装置であって、アンテナと、信号を処理するための信号処理部と、アンテナと信号処理部との間に接続され、可変な負荷値を有しており、アンテナと信号処理部とをインピーダンス整合させるための整合回路と、整合回路の負荷値を制御するための制御部と、携帯無線装置の使用状態に対応させて、整合回路の負荷値に関する情報を初期負荷値情報として記憶する記憶部とを備える。制御部は、整合回路の制御を開始する際、記憶部に記憶されている初期負荷値情報を評価し、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在すれば、当該初期負荷値情報に対応する負荷値を有するように整合回路を制御する初期制御手段と、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、記憶部に記憶されている初期負荷値情報を用いて、インピーダンス整合が得られる負荷値に関する情報である整合負荷値情報を導出し、導出した整合負荷値情報に対応する負荷値を有するように整合回路を制御する整合負荷値導出手段とを含む。

[0017] 本発明によれば、整合回路の制御が開始される際、まず、予め記憶されている初期負荷値情報を用いて、整合回路が制御される。したがって、初期負荷値情報の中に、インピーダンス整合を得ることができる負荷値に関する情報が存在すれば、整合



回路の負荷値を微調整することなく、インピーダンス整合を得ることができる。したがって、短時間に、インピーダンス整合を得ることができる。たとえ、初期負荷値情報の中に、インピーダンス整合を得ることができる負荷値に関する情報が存在しなかったとしても、整合負荷値導出手段によって、初期負荷値情報を用いて、整合負荷値情報が導出される。初期負荷値情報は、使用状態に対応しているので、ある程度インピーダンス整合が得られると予想される負荷値に関する情報となっている。したがって、整合負荷値情報を導出するまでに要する時間も短くて済む。以上のことより、携帯無線装置がどのような状態であっても、アンテナと信号処理装置との間のインピーダンスを瞬時に整合させることができ、結果、不整合損を低く抑え、かつ送受信感度を向上させることができる携帯無線装置が提供されることとなる。

[0018] 好ましくは、携帯無線装置は、整合回路と信号処理部との間に接続され、アンテナと信号処理部とのインピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備える。整合性検出部は、アンテナおよび整合回路を介して受信する受信信号の周波数帯に相当する第1の周波数帯の信号強度を検出する信号強度検出部を含む。初期制御手段は、信号強度検出部が検出した第1の周波数帯の信号強度に基づいて、記憶部に記憶されている初期負荷値情報を評価する。整合負荷値導出手段は、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、整合回路の負荷値を変化させて、信号強度検出部が検出した第1の周波数帯の信号強度に基づいて、変化させた整合回路の負荷値を評価し、整合負荷値情報を導出する。

[0019] これにより、携帯無線装置は、受信電力に基づいて、適切な整合負荷値情報を得ることができる。

[0020] 好ましくは、携帯無線装置は、整合回路と信号処理部との間に接続され、アンテナと信号処理部とのインピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備える。整合性検出部は、信号処理部で生成された送信信号の周波数帯に相当する第2の周波数帯の反射電圧を検出する反射電圧検出部を含む。初期制御手段は、反射電圧検出部が検出した第2の周波数帯の反射電圧に基づいて、記憶部に記憶されている初期負荷値情報を評価する。整合負荷値導出手段は、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、整合回路の負荷値を変化させて、

反射電圧検出部が検出した第2の周波数帯の反射電圧に基づいて、変化させた初期負荷値情報を評価し、整合負荷値情報を導出する。

- [0021] これにより、携帯無線装置は、送信電力に基づいて、適切な整合負荷値情報を得ることができる。
- [0022] 好ましくは、信号処理部は、使用する機能を制御部に伝え、制御部は、信号処理部から伝えられた機能に合わせて、アンテナおよび整合回路を介して受信する受信信号の受信電力、あるいは信号処理部で生成された送信信号の送信電力が大きくなるように、整合回路の負荷値を制御する。
- [0023] これにより、制御部は、信号処理部が使用する機能(例えば、携帯電話機能、デジタルテレビ機能、無線LAN機能等)に合わせて、受信電力あるいは送信電力が大きくなるように、整合回路の負荷値を制御することができる。
- [0024] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、整合回路の負荷値を繰り返し変化させていくことによって、整合負荷値情報を導出するとよい。
- [0025] これにより、適切な整合負荷値情報を得ることができる。
- [0026] 好ましくは、初期負荷値情報は、整合回路の負荷値を表す初期情報であり、整合負荷値導出手段は、初期情報を進化させていくことによって、整合負荷値情報を表す情報を導出するとよい。
- [0027] このように、初期情報を進化させていくことによって、整合負荷値情報を表す情報を迅速に導き出すことができ、結果、アンテナと信号処理装置との間のインピーダンスを迅速に整合させることができる携帯無線装置が提供されることとなる。
- [0028] 好ましくは、初期負荷値情報は、整合回路の負荷値を表す初期染色体であり、整合負荷値導出手段は、初期染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させていくことによって、整合負荷値情報を表す染色体を導出するとよい。
- [0029] このように、染色体を遺伝的アルゴリズムによって進化させていくことによって、整合負荷値情報を表す染色体を迅速に導き出すことができ、結果、アンテナと信号処理装置との間のインピーダンスを迅速に整合させることができる携帯無線装置が提供されることとなる。
- [0030] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、整合回路の負荷値を最急降下法アルゴリズム

ムを用いて微調整することによって、整合負荷値情報を導出するとよい。

[0031] このように、整合回路の負荷値を最急降下法アルゴリズムを用いて微調整することによって、インピーダンス整合を迅速に得ることができる。

[0032] 好ましくは、整合回路は、負荷を選択するための複数のスイッチを含み、整合負荷値導出手段は、最も高い評価を有する初期負荷値情報に対応するように複数のスイッチを制御した状態を開始点として、複数のスイッチを切り替えながら、スイッチのオンオフに関する情報である整合負荷値情報を導出するとよい。

[0033] このように、最も高い評価を有する初期負荷値情報に対応するスイッチ状態を開始点とするので、インピーダンス整合を迅速に得ることができる。

[0034] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、整合負荷値情報を整合回路の負荷値を微調整することによって導出する局所的探索手段と、局所的探索手段によって整合負荷値情報を導出することができない場合、整合負荷値情報を導出するために必要な負荷値情報を新たに生成して、当該負荷値情報を用いて、整合負荷値情報を導出する大域的探索手段とを備え、局所的探索手段は、大域的探索手段によって整合負荷値情報を導出することができない場合、再度、整合回路の負荷値を微調整することによって整合負荷値情報を導出するとよい。

[0035] このように、局所的探索手段によっても、整合負荷値を導出することができない場合とは、たとえば、整合回路が制御されている間に、使用状態が変化して、局所的な微調整では、整合負荷値を導出することができなかつた場合が考えられる。本発明によれば、局所的探索手段によっても、整合負荷値を導出することができない場合、新たに負荷値情報を生成して、当該負荷値情報を用いて、インピーダンス整合が得られる整合負荷値情報が導出される。したがって、インピーダンス整合のための制御中に、使用状態が変化したとしても、インピーダンス整合が得られる無線携帯装置が提供されることとなる。また、局所的探索手段によって、より細かな微調整が実行されるので、精度よくインピーダンス整合を得ることができる。加えて、大域的探索手段による処理と局所的探索手段による処理とが交互に実行されることとなるので、携帯無線装置は、インピーダンス整合を得るための動作を繰り返すこととなる。

[0036] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、整合回路の負荷値を微調整することによって

、整合負荷値情報を導出するとよい。

[0037] これにより、整合負荷値導出手段は、局所的探索処理を実行することとなるので、精度よくインピーダンス整合を得ることができる。

[0038] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、整合回路の負荷値を表す情報をランダム負荷値情報としてランダムに発生させ、発生させたランダム負荷値情報を評価し、インピーダンス整合が得られるランダム負荷値情報が存在すれば、当該ランダム負荷値情報に対応する負荷値を有するように整合回路を制御し、インピーダンス整合が得られるランダム負荷値情報が存在しない場合、初期負荷値情報およびランダム負荷値情報を用いて、整合負荷値情報を導出するとよい。

[0039] これにより、もし、初期負荷値情報の中に、インピーダンス整合を得ることができる負荷値に関する情報が存在しなかったとしても、新たに発生されたランダム負荷値情報の中に、インピーダンス整合を得ることができる負荷値に関する情報が存在するか否かが判断されることとなる。したがって、迅速にインピーダンス整合を得ることができる。さらに、ランダム負荷値情報の中にも、適切な情報が存在しなかった場合、初期負荷値情報およびランダム負荷値情報を用いて、整合負荷値情報が導出されるので、より確実に、インピーダンス整合を得ることができる。

[0040] 好ましくは、初期負荷値情報は、整合回路の負荷値を表す初期染色体であり、ランダム負荷値情報は、整合回路の負荷値を表すランダム染色体であり、整合負荷値導出手段は、初期染色体およびランダム染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させていくことによって、整合負荷値情報を導出するとよい。

[0041] このように、遺伝的アルゴリズムを用いて、整合負荷値情報を得るので、迅速に、インピーダンス整合を得ることができる。

[0042] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、初期染色体およびランダム染色体を進化させることによって得た染色体の内、最も評価の高い染色体に対応する整合回路の負荷値を微調整することによって、整合負荷値情報を導出するとよい。

[0043] このように、最も評価の高い染色体が用いられて整合回路の負荷値が微調整されるので、迅速に、整合負荷値情報を導出することができる。

[0044] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、微調整のための処理が所定の限界条件を満



たした場合、新たな染色体を発生し、発生した新たな染色体を用いて、整合負荷値情報を導出するとよい。

- [0045] たとえば、整合回路の負荷値を制御中に、使用状態が変化して、微調整のための処理では整合負荷値情報を得ることができなくなった場合、所定の限界条件が満たされることとなる。このような場合、新たな染色体を用いて、整合負荷値情報が導出されるので、整合回路の制御中に使用状態が変化したとしても、インピーダンス整合を得ることができる。
- [0046] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、新たな染色体を評価し、インピーダンス整合が得られる染色体が存在すれば、当該染色体に対応する負荷値を有するように整合回路を制御し、インピーダンス整合が得られる染色体が存在しない場合、新たな染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させ、進化させた染色体を用いて、整合負荷値情報を導出する。
- [0047] このように、新たな染色体を生成した場合、整合負荷値導出手段は、まず、新たな染色体を評価するので、迅速にインピーダンス整合が得られる。また、インピーダンス整合が得られる染色体が存在しない場合、遺伝的アルゴリズムを用いて、整合負荷値情報が導出されるので、迅速にインピーダンス整合が得られることとなる。
- [0048] 好ましくは、整合負荷値導出手段は、新たな染色体を進化させることによって得た染色体の内、最も評価の高い染色体に対応する整合回路の負荷値を微調整することによって、整合負荷値情報を導出するとよい。
- [0049] このように、最も評価の高い染色体に対応する整合回路の負荷値を微調整することによって、迅速に整合負荷値情報を導出することができる。
- [0050] 好ましくは、制御部は、整合負荷値導出手段によって導出された整合負荷値情報を初期負荷値情報として、記憶部に追加登録する新規初期負荷値情報登録手段をさらに備え、制御部は、新たに追加登録された初期負荷値情報も用いて、次回からの制御を実行するとよい。
- [0051] このように、一度得られた整合負荷値情報が初期負荷値情報として登録され、次回からの制御において、新たに追加登録された初期負荷値情報が用いられるので、初期負荷値情報を評価する段階で、インピーダンス整合が得られる確率が向上する。

同じユーザが携帯無線装置を操作している場合、インピーダンス整合のための負荷値は、似通った負荷値として集中するはずである。ゆえに、本発明のように、整合負荷値情報を初期負荷値情報として追加登録していくことによって、インピーダンス整合を得ることができる負荷値に関する情報が蓄積されていくこととなり、制御部による整合処理が繰り返される程、インピーダンス整合がより迅速に得られることとなっていく。

- [0052] 好ましくは、携帯無線装置は、携帯電話であって、初期負荷値情報は、携帯電話が人体から離れた自由空間中に存在する状態のときにインピーダンスが整合すると予想される負荷値に関する情報と、携帯電話が通話中の状態で使用されるときにインピーダンスが整合すると予想される負荷値に関する情報と、携帯電話のメール機能を使用する状態のときにインピーダンスが整合すると予想される負荷値に関する情報とを含むとよい。
- [0053] これにより、携帯電話の典型的な使用状態と対応させた負荷値に関する情報が初期負荷値情報として登録されることとなるので、迅速にインピーダンス整合を得ることができる。
- [0054] 好ましくは、整合回路と信号処理部との間に接続され、インピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備え、制御部は、整合性検出部による検出結果に基づいて、インピーダンス整合が得られているか否かを判断するとよい。
- [0055] 好ましくは、初期制御手段は、整合性検出部による検出結果に基づいて、整合回路の制御を開始するとよい。
- [0056] 好ましくは、整合性検出部は、反射電圧または受信電力を検出し、携帯無線装置は、積分回路をさらに備え、整合性検出部が検出した反射電圧または受信電力は、積分回路を介して、制御部に入力されるとよい。
- [0057] これにより、安定的な反射電圧または受信電力を得ることができ、整合回路の制御が安定する。
- [0058] 好ましくは、携帯無線装置の使用状態の変化を検出する使用状態変化検出部をさらに備え、初期制御手段は、使用状態変化検出部によって使用状態の変化が検出されたら、整合回路の制御を開始するとよい。

- [0059] 好ましくは、初期制御手段は、使用状態変化検出部が検出した変化後の使用状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価するとよい。
- [0060] これにより、インピーダンス整合が得られる確率が向上し、迅速にインピーダンス整合を得ることができる。
- [0061] たとえば、携帯無線装置は、携帯電話であって、使用状態変化検出部は、携帯電話の通話ボタンが押下されたか否かを検出することによって、使用状態が通話状態であるか否かを検出し、初期制御手段は、使用状態変化検出部によって通話状態であることが検出された場合、通話状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価するとよい。
- [0062] たとえば、携帯無線装置は、折りたたみ式携帯電話であって、使用状態変化検出部は、折りたたみ式携帯電話の開閉を検出することによって、使用状態が開状態であるか閉状態であるかを検出し、初期制御手段は、使用状態変化検出部によって開状態であることが検出された場合、開状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価し、使用状態変化検出部によって閉状態であることが検出された場合、閉状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価するとよい。
- [0063] たとえば、使用状態変化検出部は、温度を検出することによって、携帯無線装置の使用状態の変化を検出し、初期制御手段は、使用状態変化検出部によって検出された温度に対応する初期負荷値情報を最初に評価するとよい。
- [0064] また、さらに、アンテナ以外の少なくとも一つの他のアンテナと、信号処理部とアンテナおよび他のアンテナとの接続を切り替えるためのスイッチ回路とを備え、整合回路は、アンテナおよび他のアンテナと信号処理部とをインピーダンス整合させ、制御部は、スイッチ回路の接続を制御するとよい。
- [0065] これにより、ダイバシチ機能を有する携帯無線装置が提供されることとなる。
- [0066] たとえば、整合回路は、負荷である少なくとも一つのリアクタンス素子および／または少なくとも一つのインダクタンス素子と、負荷を選択するための少なくとも一つのスイッチとを含むとよい。
- [0067] たとえば、少なくとも一つのスイッチは、MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) スイッチであるとよい。

[0068] これにより、整合回路による損失を軽減することができる。

### 発明の効果

[0069] このように、本発明によれば、携帯無線装置がどのような状態であっても、アンテナと信号処理部との間のインピーダンスを瞬時に適応的に整合させることができ、不整合損を低く抑え、かつ送受信感度を向上させることができる携帯無線装置が提供されることとなる。

### 図面の簡単な説明

[0070] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係る携帯無線装置1の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、整合回路102の回路構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、使用状態初期染色体テーブルの一例を示す図である。

[図4]図4は、第1の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。

[図5]図5は、染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図6]図6は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図7]図7は、交叉後染色体テーブルの一例を示す図である。

[図8]図8は、突然変異後染色体テーブルの一例を示す図である。

[図9]図9は、第二世代目以降の染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図10]図10は、ステップS101における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図11]図11は、図4におけるステップS102での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図12]図12は、図4におけるステップS103での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図13]図13は、図4におけるステップS104での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図14]図14は、図4におけるステップS105での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図15]図15は、適切な染色体が見つかった場合、当該染色体を初期染色体として



初期染色体テーブルに登録するようにしたときの図4におけるステップS101の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図16]図16は、第2の実施形態における使用状態初期パラメータテーブルの一例を示す図である。

[図17]図17は、第2の実施形態における制御部105の動作を示すフローチャートである。

[図18]図18は、パラメータ受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図19]図19は、ステップS701における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図20]図20は、ステップS703における制御部105の動作の一部を示すフローチャートである。

[図21]図21は、ステップS917以降の制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図22]図22は、第3の実施形態における制御部105の動作を示すフローチャートである。

[図23A]図23Aは、ステップS1001における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図23B]図23Bは、図23AにおけるステップS1102での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図24]図24は、図23AにおけるステップS1104での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図25]図25は、図23AにおけるステップS1105での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図26]図26は、図23AにおけるステップS1106での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図27]図27は、図23AにおけるステップS1107での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図28]図28は、図23Aにおけるステップ1108での制御部105の動作の詳細を示す

フローチャートである。

[図29]図29は、図22におけるステップS1002での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図30]図30は、図29におけるステップS1702での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。

[図31]図31は、図29におけるステップS1703での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図32]図32は、図29におけるステップS1704での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図33]図33は、図29におけるステップS1705での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図34]図34は、図22におけるステップS1003での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図35]図35は、第4の実施形態に係る整合回路400の構成を示すブロック図である。

[図36]図36は、使用状態初期パラメータテーブルの一例を示す図である。

[図37]図37は、第5の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。

[図38]図38は、使用状態初期染色体テーブルの一例を示す図である。

[図39]図39は、第6の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。

[図40]図40は、ステップS2401における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図41]図41は、図40におけるステップS2502での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図42]図42は、図40におけるステップS2504での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図43]図43は、図40におけるステップS2505での制御部105の動作の詳細を示す

フローチャートである。

[図44]図44は、図39におけるステップS2402での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図45]図45は、第9の実施形態に係る携帯無線装置5の構成を示すブロック図である。

[図46]図46は、第9の実施形態に係る制御部505の動作を示すフローチャートである。

[図47A]図47Aは、第10の実施形態に係る携帯無線装置6の構成を示すブロック図である。

[図47B]図47Bは、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置7、8の構成を示すブロック図である。

[図47C]図47Cは、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置7、8の構成を示すブロック図である。

[図48]図48は、本発明の第11の実施形態に係る携帯無線装置9の構成を示すブロック図である。

[図49]図49は、携帯電話機能用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。

[図50]図50は、DTV用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。

[図51]図51は、無線LAN用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。

[図52]図52は、第11の実施形態に係る制御部105aの動作を示すフローチャートである。

[図53]図53は、無線LAN用の負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図54]図54は、無線LAN用の自然淘汰後負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。

[図55]図55は、交叉後負荷値テーブルの一例を示す図である。

[図56]図56は、突然変異後負荷値テーブルの一例を示す図である。

[図57]図57は、第二世代目以降の負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。

。

[図58]図58は、ステップS3101における制御部105aの動作の詳細を示すフローチャートである。

[図59]図59は、図52におけるステップS3102での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。

[図60]図60は、図52におけるステップS3103での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。

[図61]図61は、図52におけるステップS3104での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。

[図62]図62は、図52におけるステップS3105での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。

[図63]図63は、図52におけるステップS3101の動作の詳細を示すフローチャートである。

[図64A]図64Aは、第12の実施形態に係る携帯無線装置10の構成を示すブロック図である。

[図64B]図64Bは、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置11の構成を示すブロック図である。

[図65A]図65Aは、RC積分回路を備えた携帯無線装置1aの構成を示すブロック図である。

[図65B]図65Bは、RL積分回路を備えた携帯無線装置1bの構成を示すブロック図である。

[図65C]図65Cは、RC積分回路を備えた携帯無線装置6aの構成を示すブロック図である。

[図65D]図65Dは、RL積分回路を備えた携帯無線装置6bの構成を示すブロック図である。

[図66A]図66Aは、携帯電話の正面図である。

[図66B]図66Bは、携帯電話の側面図である。

[図67]図67は、特許文献1に記載された従来の無線装置900の構成を示すブロック



図である。

## 符号の説明

[0071] 1, 1a, 1b, 6a, 6b, 5, 6, 7, 8 携帯無線装置

101, 501, 601, 701, 801 アンテナ

102, 400, 502, 602, 702, 802 整合回路

103, 503, 803b 信号強度検出部

104, 504, 604, 704, 804 信号処理部

105, 505, 605, 705, 805 制御部

106, 506, 606, 706, 806 記憶装置

201 直列負荷

202 並列負荷

203 直列バラクタダイオード

204 並列バラクタダイオード

205 グランド

206 直列のバラクタ電圧

207 並列のバラクタ電圧

301, 305 抵抗

302 コンデンサ

304 インダクタ

401 通話ボタン

402 温度センサ

411～414, 421～424 第1～第8の負荷

415～418, 425～428 第1～第8のスイッチ

507 スイッチ回路

603, 803a 反射電圧検出部

703, 803 整合性検出部

707 共用器

802a 送信側整合回路

802b 受信側整合回路

804a 送信部

804b 受信部

発明を実施するための最良の形態

[0072] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、本発明は下記の実施形態に限定されるものではない。

[0073] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る携帯無線装置1の構成を示すブロック図である。図1において、携帯無線装置1は、アンテナ101と、整合回路102と、信号強度検出部103と、信号処理部104と、制御部105と、記憶部106とを備える。

[0074] アンテナ101によって受信された信号は、整合回路102および信号強度検出部103を介して、信号処理部104に送られ、信号処理される。整合回路102は、可変な負荷値を有している。信号強度検出部103は、受信信号の電力(受信電力)を検出し、検出した受信電力を制御部105に伝える。制御部105は、遺伝的アルゴリズムを用いて、受信電力をより大きくするために、整合回路102の負荷値を制御する。制御部105は、専用のマイクロプロセッサによって実現されてもよいし、記憶部106に格納されているプログラムを読み込んで実行することができる汎用のCPUによって実現されてもよい。記憶部106は、制御部105における遺伝的アルゴリズム(GA)で用いるための染色体を記憶している。

[0075] 図2は、整合回路102の回路構成を示すブロック図である。図2において、整合回路102は、直列負荷201と、並列負荷202と、直列バラクタダイオード203と、並列バラクタダイオード204とを含む。直列負荷201および並列負荷202は、少なくとも容量とインダクタのどちらか一つから構成される。直列バラクタダイオード203は、バラクタダイオードであって、直列のバラクタ電圧206が変化させられることによって、容量を変化させることができる。並列バラクタダイオード204は、バラクタダイオードであって、並列のバラクタ電圧207が変化させられることによって、容量を変化させることができる。このように、整合回路102は、可変な負荷値を有している。整合回路102は、初期状態において、自由空間で整合がとれるように、直列負荷201、並列負荷202、バ

ラクタ電圧206が印加された直列バラクタダイオード203、およびバラクタ電圧207が印加された並列バラクタダイオード204で構成されている。GND205はグランドである。バラクタ電圧206, 207は、制御部105によって制御される。

[0076] 第1の実施形態では、バラクタ電圧206, 207を示すパラメータとして、バラクタ電圧206を10倍して8ビットの2進数に変換したパラメータとバラクタ電圧207を10倍して8ビットの2進数に変換したパラメータとを結合した染色体が用いられる。

[0077] たとえば、直列バラクタダイオード203側のバラクタ電圧206を0[V]とし、並列バラクタダイオード204側のバラクタ電圧207を0[V]とした場合に対応する染色体について説明する。バラクタ電圧206である0[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0000 0000」が得られる。バラクタ電圧207である0[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0000 0000」が得られる。したがって、バラクタ電圧206, 207を示す染色体として、「0000 0000」と「0000 0000」とを結合した「0000 0000 0000 0000」が用いられる。なお、染色体において、“0”および“1”を遺伝子と呼ぶ。

[0078] 直列バラクタダイオード203側のバラクタ電圧206を1.2[V]とし、並列バラクタダイオード204側のバラクタ電圧207を2[V]とした場合に対応する染色体について説明する。バラクタ電圧206である1.2[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0000 1100」が得られる。バラクタ電圧207である2[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0001 0100」が得られる。したがって、バラクタ電圧206, 207を示す染色体として、「0000 1100」と「0001 0100」とを結合した「0000 1100 0001 0100」が用いられる。

[0079] 直列バラクタダイオード203側のバラクタ電圧206を0.5[V]とし、並列バラクタダイオード204側のバラクタ電圧207を1.5[V]とした場合に対応する染色体について説明する。バラクタ電圧206である0.5[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0000 0101」が得られる。次に、バラクタ電圧207である1.5[V]を10倍した値を8ビットの2進数に変換すると、「0000 1111」が得られる。したがって、バラクタ電圧206, 207を示す染色体として、「0000 0101」と「0000 1111」とを結合した「0000 0101 0000 1111」が用いられる。

- [0080] 記憶部106は、携帯無線装置の使用状態に対応させて、整合回路102の負荷値に関する情報を初期負荷値情報として記憶している。第1の実施形態において、記憶部106は、携帯無線装置1の典型的な使用状態において、インピーダンスが整合していると予想されるバラクタ電圧を示す染色体(以下、初期染色体という)を、典型的な使用状態と対応させて予め記憶している。当該初期染色体が初期負荷値情報である。以下、初期染色体と典型的な使用状態とを対応させたテーブルを使用状態初期染色体テーブルという。第1の実施形態において、使用状態初期染色体テーブルを表す配列は、 $A(i)$ であるとする( $i$ は整数)。
- [0081] 第1の実施形態では、染色体を自然淘汰、交叉、および突然変異させることによって、染色体を進化させていき、より最適にインピーダンス整合をとることができるバラクタ電圧206, 207を決定していく。
- [0082] 図3は、使用状態初期染色体テーブルの一例を示す図である。携帯無線装置1の典型的な使用状態として、たとえば、携帯電話が人体から離れて自由空間中に存在するときの状態、携帯電話が通話中で使用されるときの状態、携帯電話のメール機能を使用するときの状態がある。図3では、これらの使用状態と対応させて、初期染色体 $A(1)$ ,  $A(2)$ ,  $A(3)$ が定義されている。
- [0083] 自由空間中でアンテナ101と信号処理部104との間のインピーダンスが整合するには、バラクタ電圧206, 207が、それぞれ、0[V]でなければならないとする。この場合、初期染色体 $A(1)$ は、「0000 0000 0000 0000」となる。
- [0084] 携帯無線装置1が通話姿勢状態で使用されるとき、アンテナ101と信号処理部104との間のインピーダンスが整合するには、バラクタ電圧206が1.2[V]であり、バラクタ電圧207が2[V]でなければならないと予想されているとする。この場合、初期染色体 $A(2)$ は、「0000 1100 0001 0100」となる。
- [0085] 携帯無線装置1がメール姿勢状態で使用されるとき、アンテナ101と信号処理部104との間のインピーダンスが整合するには、バラクタ電圧206が0.5[V]であり、バラクタ電圧207が1.5[V]でなければならないと予想されているとする。この場合、初期染色体 $A(3)$ は、「0000 0101 0000 1111」となる。
- [0086] 記憶部106は、整合回路102を制御するために用いた染色体に対応させて、当該



染色体を用いたときの受信電力を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを染色体受信電力テーブルという。染色体受信電力テーブルを表す配列は、B(i)であるとする。

[0087] 記憶部106は、自然淘汰後の染色体に対応させて、当該染色体を用いたときの受信電力を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを自然淘汰後染色体受信電力テーブルという。自然淘汰後染色体受信電力テーブルを表す配列は、C(i)であるとする。

[0088] 記憶部106は、交叉後の染色体を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを交叉後染色体テーブルという。交叉後染色体テーブルを表す配列は、D(i)であるとする。

[0089] 記憶部106は、突然変異後の染色体を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを突然変異後染色体テーブルという。突然変異後染色体テーブルを表す配列は、E(i)であるとする。

[0090] なお、上記テーブルを記憶するための領域は、一部が重複していてもよいし、重複した領域で上書きされてもよい。また、各テーブルは、世代毎に上書きされてもよいし、世代毎に新たに作成されてもよい。

[0091] 染色体Xa「0000 1100 0001 0100」と染色体Ya「0000 0101 0000 1111」とを交叉させる場合を例にとって、交叉の方法について説明する。染色体が交叉することによって、遺伝子の部分的な交換が行われる。たとえば、染色体Xa「0000 1100 0001 0100」における「\*\*\*\*\* \*100 \*\*\*\*\* 0100」と染色体Ya「0000 0101 0000 1111」における「\*\*\*\*\* \*101 \*\*\*\*\* 1111」とが交換されることによって、交叉が行われ、染色体Xbとして、「0000 1101 0001 1111」が生まれ、染色体Ybとして「0000 0100 0000 0100」が生まれる。なお、交換の位置は、ランダムに選ばれる。交叉の対象となる染色体を親の染色体と呼ぶ。

[0092] 突然変異では、ランダムに選ばれた遺伝子が“1”から“0”、または“0”から“1”のように、反転する。たとえば、染色体Xc「0000 1101 0001 1111」が突然変異したとする。このとき、「\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* #\*\*\*\*\*」に示すように、“#”の位置の遺伝子が反転したとする。これによって、染色体Xcが、染色体Xd「0000 11

01 0001 0111」になる。遺伝子が反転する位置は、一箇所でもよいし、複数でもよく、ランダムに決められる。たとえば、「\*\*#\* \*\*#\* \*\*\*\* #\*\*\*」に示すように、“#”の位置の遺伝子が反転したとする。これによって、染色体Xdが突然変異して、染色体Xe「0010 1111 0001 1111」になる。

[0093] 次に、第1の実施形態に係る携帯無線装置1の動作を説明する。

[0094] まず、前提として、信号強度検出部103は、常時、受信電力を検出し、検出した受信電力を制御部105に常時伝えるものとする。制御部105は、信号強度検出部103から伝えられる受信電力を平均化する。以下、単に受信電力といった場合、制御部105が平均化した受信電力のことをいう。

[0095] たとえば、当初、アンテナ101と信号処理部104とが自由空間中で整合しているものとする。そのときの受信電力を整合時受信電力RSSIAとする。その後、アンテナ101が人体に近接し、受信電力が整合時受信電力RSSIAからRSSIB(以下、変化時受信電力RSSIBという)に変化して小さくなったとする(この状態を第1の人体近接状態という)。なお、最初に想定される受信電力は、これに限られるものではない。

[0096] 制御部105は、信号強度検出部103から伝えられる受信電力が小さくなったか否かを常時判断している。上述のように、整合時受信電力RSSIAから変化時受信電力RSSIBに変化した場合、制御部105は、受信電力をより大きくすることができるバラクタ電圧206, 207に対応する染色体を、遺伝的アルゴリズムによって取得し、取得した染色体に基づいて、整合回路102を制御する。

[0097] 図4は、第1の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。以下、図4を参照しながら、制御部105の動作について説明する。図4に示す動作は、信号強度検出部103によって検出されている受信電力が小さくなったことをトリガーにして開始する。なお、図4に示す動作は、信号強度検出部103によって検出されている受信電力がしきい値よりも小さくなったことをトリガーにして開始してもよい。また、ある一定幅以上受信電力が小さくなった場合に図4に示す動作が開始されてもよい。

[0098] まず、制御部105は、一世代目のステップS101において、記憶部106に記憶されている使用状態初期染色体テーブルを参照して、使用状態初期染色体テーブルで定義されている染色体を全て用いて、整合回路102を制御し、適切な受信電力を得

ることができる染色体が存在するか否かを判断する。制御部105は、使用状態初期染色体テーブルに定義されている染色体を全て用いる際、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた染色体とを対応付けて、記憶部106に格納する。適切な染色体が存在する場合、制御部105は、処理を終了する。一方、適切な染色体が存在しない場合、制御部105は、ステップS102以降の動作に進んで、染色体の自然淘汰、交叉、突然変異を実行して、遺伝子を組み替える。ステップS101における処理は、染色体の評価および遺伝子組み替えを実行するか否かを判断するための処理であるので、染色体評価・遺伝子組み換え実行判断処理という。

[0099] 次に、制御部105は、ステップS102において、ステップS101で最も高い評価(受信電力)を得た染色体に対応するバイアス電圧を整合回路102に印加し、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた染色体とを対応付けて、記憶部106に格納する。

[0100] ステップS101およびS102の動作によって、染色体受信電力テーブルが完成する。図5は、染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。図5に示すように、染色体受信電力テーブルでは、染色体と受信電力とが対応付けて登録されている。図5に示す染色体受信電力テーブルは、第一世代目に作成されたテーブルである。染色体B(2), B(3), B(4)は、ステップS101で登録された染色体であるので、初期染色体A(1), A(2), A(3)と同じである。染色体B(1)は、ステップS102で登録された染色体であり、初期染色体A(1), A(2), A(3)の中で、最も高い受信電力を得ることができた染色体となっている。ここでは、染色体B(1)は、初期染色体A(1)と同じであるとしている。したがって、受信電力RSSI1とRSSI2とは、同じ値である。染色体B(i)に対応する受信電力は、RSSI(i)であるとする。

[0101] ステップS102において、最も受信電力が高い染色体を用いて整合回路を制御する理由は、とりあえず、現段階で最も高い受信電力を得るためである。また、ステップS102において、最も受信電力が高い染色体が記憶部106に格納される理由は、遺伝子の組み替えの際に、優越な染色体を先祖とする確率を上げるためである。

[0102] 次に、制御部105は、ステップS103において、染色体受信電力テーブルに登録されている染色体の中から、ある程度評価が高いと思われる染色体を選択することによ

って、染色体を自然淘汰する。制御部105は、自然淘汰後の染色体とそれを用いたときの受信電力とを記憶部106に格納し、自然淘汰後染色体受信電力テーブルを作成する。

[0103] 図6は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。図5と図6とを比較すると分かるように、ステップS103における自然淘汰によって、染色体受信電力テーブルにおける染色体B(2), B(4)が一回選択され、染色体B(3)が二回選択され、染色体C(1), C(2), C(3), C(4)が自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている。

[0104] 次に、制御部105は、ステップS104において、自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている染色体を交叉し、交叉後の染色体を交叉後染色体テーブルとして登録する。

[0105] 図7は、交叉後染色体テーブルの一例を示す図である。図6と図7とを比較すると分かるように、ステップS104における交叉によって、染色体C(1)と染色体C(4)とが交叉され、遺伝子の一部が交換されることによって、染色体D(1)と染色体D(4)とが交叉後染色体テーブルに登録されている。なお、染色体C(2)と染色体C(3)とは、交叉されずに、そのまま、染色体D(2), D(3)として、交叉後染色体テーブルに登録されている。

[0106] 次に、制御部105は、ステップS105において、交叉後染色体テーブルに登録されている染色体を突然変異させ、突然変異後の染色体を突然変異後染色体テーブルとして登録する。

[0107] 図8は、突然変異後染色体テーブルの一例を示す図である。図7と図8とを比較すると分かるように、ステップS105における突然変異によって、染色体D(1), D(2), D(4)が突然変異して、染色体E(1), E(2), E(4)として登録されている。なお、染色体D(3)は、突然変異せずに、そのまま、染色体E(3)として登録されている。

[0108] ステップS105の後、制御部105は、ステップS101の動作に戻り、第二世代目以降の処理を実行する。第二世代目以降の処理では、制御部105は、ステップS101において、使用状態初期染色体テーブルに登録されている染色体を用いるのではなく、ステップS105で得た突然変異後染色体テーブルに登録されている染色体を全て



用いて、整合回路102を制御し、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在するか否かを判断する。第二世代目以降のステップS102においても、制御部105は、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた染色体とを対応付けて、記憶部106に格納する。適切な染色体が存在する場合、制御部105は、処理を終了する。一方、適切な染色体が存在しない場合、制御部105は、ステップS102の動作に進む。

[0109] 第二世代目以降のステップS102において、制御部105は、ステップS101で最も高い評価を得た染色体に対応するバイアス電圧を整合回路102に印加し、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた染色体とを対応付けて、記憶部106に格納する。

[0110] ステップS101およびS102の動作によって、第二世代目以降の染色体受信電力テーブルが完成する。図9は、第二世代目以降の染色体受信電力テーブルの一例を示す図である。図9に示すように、染色体B(2), B(3), B(4), B(5)は、ステップS101で登録された染色体であり、突然変異後染色体テーブルにおける染色体E(1), E(2), E(3), E(4)と同じである。染色体B(1)は、ステップS102で登録された染色体であり、染色体E(1), E(2), E(3), E(4)の中で、最も高い受信電力を得ることができた染色体となっている。ここでは、染色体B(1)は、染色体E(2)および染色体B(3)と同じであるとしている。したがって、受信電力RSSI5とRSSI7とは、同じ値である。

[0111] 次に、第二世代目以降のステップS103において、制御部105は、染色体受信電力テーブルに登録されている染色体を自然淘汰し、ある程度評価が高いと思われる染色体を選択し、自然淘汰後染色体受信電力テーブルを生成する。選択する染色体の数は、第一世代と同じであっても良いし、異なっても良い。

[0112] 次に、第二世代目以降のステップS104において、制御部105は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている染色体を交叉し、交叉後の染色体を交叉後染色体テーブルに登録する。

[0113] 次に、第二世代目以降のステップS105において、制御部105は、交叉後染色体テーブルに登録されている染色体を突然変異させ、突然変異後の染色体を突然変



異後染色体テーブルに登録する。

[0114] その後、制御部105は、ステップS101の動作に戻り、突然変異後染色体テーブルに登録されている染色体を用いて、受信電力を評価し、適切な染色体が存在すれば、処理を終了し、適切な染色体が存在しなければ、次の世代の染色体を生成する動作を繰り返す。当該適切な染色体は、整合回路102によってインピーダンス整合が得られる負荷値に関する情報であるので、整合負荷値情報という。ステップS101において、制御部105は、所定の世代数を超過していると判断した場合、現在得られている染色体の中で、最も評価の高い染色体を用いて整合回路102を制御し、処理を終了する。

[0115] 図10は、ステップS101における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図10を参照しながら、ステップS101における制御部105の動作の動作について説明する。

[0116] まず、制御部105は、染色体が第一世代であるか否かを判断する(ステップS201)。なお、世代数は、染色体が世代交代する毎に、記憶部106に記憶させることによって、管理されている。染色体が第一世代である場合、制御部105は、 $i=1$ と初期設定する(ステップS202)。染色体が第一世代でない場合、制御部105は、ステップS213の動作に進む。

[0117] ステップS202の後、制御部105は、整合回路102に対して現在与えているバラクタ電圧を染色体に変換し、得られた染色体を染色体B(1)とする(ステップS203)。次に、制御部105は、染色体B(1)を用いたときの受信電力を信号強度検出部103から得て、染色体B(1)と対応させて染色体受信電力テーブルに登録する(ステップS204)。なお、ステップS204において、染色体受信電力テーブルに染色体と受信電力とを新たに登録する場合、制御部105は、古い染色体受信電力テーブルをそれに先立ってクリアしておくものとする。ただし、世代数が分かるように染色体受信電力テーブルが管理されるのであれば、ステップS204において、染色体受信電力テーブルをクリアする必要はない。

[0118] 次に、制御部105は、 $i$ を1増加させ(ステップS205)、記憶部106内の使用状態初期染色体テーブルから、初期染色体A( $i-1$ )を取得する(ステップS206)。次に、制

御部105は、取得した初期染色体A ( $i-1$ ) をバラクタ電圧に変換し(ステップS207)、当該バラクタ電圧を整合回路102に印加する(ステップS208)。

[0119] 次に、制御部105は、信号強度検出部103から受信電力を取得し(ステップS209)、取得した受信電力が適切な受信電力であるか否かを判断する(ステップS210)。

[0120] ステップS210において、たとえば、制御部105は、ステップS209で取得した受信電力が整合時受信電力RSSIA以上である場合、ステップS209で取得した受信電力は適切であると判断する。その他、制御部105は、以下のような判断基準を用いて、ステップS209で取得した受信電力が適切であるか否かを判断してもよい。たとえば、制御部105は、ステップS209で取得した受信電力が変化時受信電力RSSIAよりも所定の量以上大きい場合、ステップS209で取得した受信電力は適切であると判断してもよい。また、制御部105は、ステップS209で取得した受信電力がある所定のしきい値よりも大きい場合、ステップS209で取得した受信電力は適切であると判断してもよい。ステップS210における判断基準は、上記の判断基準に限定されるものではない。

[0121] ステップS210において、受信電力が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了して、当該受信電力を得られるバラクタ電圧を整合回路102に印加するのを継続する。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS211の動作に進む。

[0122] ステップS211において、制御部105は、初期染色体A ( $i-1$ ) を染色体B ( $i$ ) として、初期染色体A ( $i-1$ ) に対応する受信電力と共に、記憶部106に格納し、染色体受信電力テーブルに登録する。

[0123] ステップS211の後、制御部105は、全ての初期染色体A ( $i-1$ ) について、受信電力を格納したか否かを判断する。格納していない場合、制御部105は、ステップS205の動作に戻る。記憶している場合、制御部105は、ステップS102の動作に進む。これによって、第一世代において、ステップS101の動作が開始した当初のバラクタ電圧に対応する染色体が染色体B (1) として登録され、全ての初期染色体A ( $i$ ) が染色体B ( $i+1$ ) として受信電力と対応付けられて登録される。

[0124] ステップS206～S212において、制御部105は、記憶装置106に記憶されている

初期染色体(初期負荷値情報)を評価して、インピーダンス整合が得られる初期染色体(初期負荷値情報)が存在すれば、当該初期染色体(初期負荷値情報)に対応する負荷値を整合回路102が有するように、整合回路102に当該初期染色体(初期負荷値情報)に対応するバラクタ電圧を印加する。S206～S212の処理を、初期制御処理という。

- [0125] ステップS213において、制御部105は、世代数の上限を超えているか否かを判断する。世代数の上限を超えている場合、制御部105は、染色体受信電力テーブルを参照して、最も大きな受信電力を得ている染色体を利用して整合回路102を制御するようにして(ステップS214)、処理を終了する。なお、ステップS102において、制御部105は、最も高い評価の染色体を用いて整合回路102を制御しているので、ステップS214の動作は必須ではない。
- [0126] 一方、ステップS213において、世代数の上限を超えていない場合、制御部105は、ステップS215の動作に進んで、 $i=1$ と初期設定する。
- [0127] ステップS215の後、制御部105は、記憶部106に記憶されている突然変異後染色体テーブルを参照して、染色体E(i)を取得する(ステップS216)。次に、制御部105は、染色体E(i)をバラクタ電圧に変換し(ステップS217)、整合回路102に当該バラクタ電圧を印加する(ステップS218)。
- [0128] 次に、制御部105は、信号強度検出部103から受信電力を取得し(ステップS219)、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS220)。ステップS220における具体的判断基準は、ステップS210と同様である。受信電力が適切である場合、制御部105は、当該受信電力を得られるバラクタ電圧を整合回路102に印可するのを継続する。適切な受信電力を得ることができるバラクタ電圧に対応する染色体は、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に関する情報であるので、整合負荷値情報という。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS221の動作に進む。
- [0129] ステップS221において、制御部105は、染色体E(i)を染色体B(i+1)とし、対応する受信電力を記憶部106に記憶させて、染色体受信電力テーブルに登録する。次に、制御部105は、全ての染色体E(i)について受信電力を記憶したか否かを判

断する(ステップS222)。全ての染色体E(i)について受信電力を記憶した場合、制御部105は、ステップS102に動作に進む。一方、全ての染色体E(i)について受信電力を記憶していない場合、制御部105は、iを1増加させて(ステップS223)、ステップS216の動作に戻る。これによって、第二世代目以降において、突然変異後染色体テーブルに登録されている染色体E(i)が染色体B(i+1)として受信電力と対応つけられて登録される。なお、ステップS222において、染色体受信電力テーブルに染色体と受信電力とを新たに登録する場合、制御部105は、古い染色体受信電力テーブルをそれに先立ってクリアしておくものとする。ただし、世代数が分かるように染色体受信電力テーブルが管理されるのであれば、ステップS222において、染色体受信電力テーブルをクリアする必要はない。

[0130] 図11は、図4におけるステップS102での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図11を参照しながら、図4におけるステップS102での制御部105の詳細な動作について説明する。

[0131] まず、制御部105は、染色体受信電力テーブルを参照する(ステップS301)。次に、制御部105は、染色体受信電力テーブルに登録されている染色体の内、最も受信電力の高い染色体を選択する(ステップS302)。次に、制御部105は、選択した染色体を用いて整合回路を制御し(ステップS303)、受信電力を取得する(ステップS304)。次に、制御部105は、選択した染色体を染色体B(1)として、当該受信電力と対応させて、染色体受信電力テーブルに登録し(ステップS305)、ステップS103の動作に進む。これにより、ステップS101で生成された染色体受信電力テーブルに含まれる染色体の内、最も受信電力が高い染色体が必ず、染色体B(1)として登録されることとなる。なお、第一世代において、ステップS101の段階では、染色体B(1)は、ステップS101がスタートした時点の染色体と対応する受信電力であった。また、第二世代以降において、ステップS101の段階では、染色体B(1)は、空となっていた。

[0132] 図12は、図4におけるステップS103での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図12を参照しながら、図4におけるステップS103での制御部105の詳細な動作について説明する。

[0133] まず、制御部105は、 $N=0$ として初期設定する(ステップS401)。ここで、Nは、自

然淘汰によっていくつの染色体が選ばれてかをカウントするための値である。

- [0134] 次に、制御部105は、Nを1増加させ(ステップS402)、染色体受信電力テーブルにおける全ての染色体B(i)に対して、(式1)で示す選択確率p(j)を割り当てる(ステップS403)。これにより、たとえば、染色体B(1)に対して、選択確率q(1)が割り当てられ、染色体B(2)に対して、選択確率q(2)が割り当てられることとなる。

[数1]

$$p(j) = \frac{RSSI(j)}{\sum_{i=0}^{N_c} RSSI(i)} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 1})$$

ここで、Ncは、染色体の数を示す。

- [0135] (式1)に示すように、受信電力が高い程、選択確率(適応度)が高くなる。
- [0136] 次に、制御部105は、染色体受信電力テーブルにおける全ての染色体B(i)に対して、(式2)で示す累積確率q(i)を割り当てる(ステップS404)。これにより、たとえば、染色体B(1)に対して、累積確率q(1)が割り当てられ、染色体B(2)に対して、累積確率q(2)が割り当てられることとなる。

[数2]

$$q(i) = \sum_{j=1}^i p(j) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 2})$$

- [0137] (式1)および(式2)を用いることによって、受信電力が高い染色体が選択される確率が上がる。
- [0138] 次に、制御部105は、乱数r(0<r<1)を発生する(ステップS405)。
- [0139] 次に、制御部105は、発生した乱数rについて、(式3)を満たすiを求め、q(i+1)に対応する染色体B(i+1)を選択し、選択した染色体B(i+1)を染色体C(N)として、選択した染色体B(i+1)に対応する受信電力と共に、自然淘汰後染色体受信電力



テーブルに登録する(ステップS406)。

[数3]

$$q(i) < r < q(i+1) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 } 3)$$

[0140] 次に、制御部105は、 $N=4$ であるか否かを判断する(ステップS407)。なお、ここで、 $N=4$ は、自然淘汰によって選択される染色体の上限数であり、当該上限数はこれに限られるものではない。但し、上限数を $N=4$ 以外にした場合、それに合わせて、自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている染色体の数が変わり、さらに、交叉後染色体テーブル、および突然変異後染色体テーブルに登録されている染色体の数が変わるので、後述のステップS506、および後述のステップS605での判断基準も合わせて、登録されている染色体の数に合わせて変わる。

[0141] ステップS407において、 $N=4$ でないと判断した場合、制御部105は、ステップS402の動作に戻り、1増加させた $N$ について、染色体 $C(N)$ に登録する処理を実行する。一方、 $N=4$ であると判断した場合、制御部105は、ステップS104の動作に進む。これによって、自然淘汰後染色体受信電力テーブルが完成する。

[0142] 図13は、図4におけるステップS104での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図13を参照しながら、図4におけるステップS104での制御部105の詳細な動作について説明する。

[0143] まず、制御部105は、 $i=0$ として初期設定する(ステップS501)。次に、制御部105は、 $i$ を1増加させ(ステップS502)、乱数 $r(i)$  ( $0 < r(i) < 1$ )を発生する(ステップS503)。次に、制御部105は、(式4)を満たすか否かを判断する(ステップS504)。

[数4]

$$r(i) < pc \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 } 4)$$

ここで、 $pc$ は、交叉確率であり、予め定められている。

[0144] (式4)を満たす場合、制御部105は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルの中から、 $i$ に対応する染色体 $C(i)$ を親として選択し(ステップS505)、ステップS506の動

作に進む。一方、(式4)を満たさない場合、制御部105は、親を選択せずに、そのままステップS506の動作に進む。

[0145] ステップS506において、制御部105は、 $i=4$ であるか否かを判断する。先述のように、 $i=4$ という条件は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている染色体の数に合わせて変更される条件である。

[0146]  $i=4$ でない場合、制御部105は、ステップS502の動作に戻って、親の選択を継続する。一方、 $i=4$ である場合、制御部105は、ステップS507の動作に進む。

[0147] ステップS507において、制御部105は、交叉位置をランダムに決定する。たとえば、制御部105は、染色体のビット(ここでは、16ビットとしている)毎に乱数 $r(k)$  ( $1 \leq k \leq 16$ )を発生し、発生した乱数 $r(k)$ が(式5)の条件を満たしているか否かを判断する。

[数5]

$$r(k) < 0.5 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式5})$$

[0148] (式5)の条件を満たしている場合、制御部105は、 $k$ に対応するビットを交叉位置として決定する。

[0149] ステップS507の後、制御部105は、ステップS505で選択された親の染色体の内、任意の二つの染色体を選んで、ステップS507で決定した交叉位置の遺伝子を入れ替えることによって、交叉を行う。制御部105は、交叉後の染色体および交叉を行わなかった染色体を染色体D(i)として、交叉後染色体テーブルに登録し(ステップS508)、ステップS105の動作へ進む。なお、ステップS505で選択された親の染色体が一つである場合、制御部105は、親として選択したものの、交叉を行わない。また、ステップS505で選択された親の染色体が奇数個である場合、親として選択されたものの、交叉が行われない奇数個の染色体が存在する。これによって、交叉後染色体テーブルが完成する。

[0150] 図14は、図4におけるステップS105での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図14を参照しながら、図4におけるステップS105での制御部10

5の動作の詳細について説明する。

- [0151] まず、制御部105は、 $i=0$ として初期設定する(ステップS601)。次に、制御部105は、 $i$ を1増加させる(ステップS602)。次に、制御部105は、交叉後染色体テーブル内の染色体D( $i$ )について、突然変異させるか否かランダムに決定し、突然変異させる場合、突然変異させる遺伝子の位置をランダムに決定する(ステップS603)。具体的には、制御部105は、乱数 $r(l)$  ( $1 \leq l \leq 16$ )を発生し、乱数 $r(l)$ が数6を満たす場合、 $l$ に対応するビットを突然変異させる遺伝子の位置として決定する。

[数6]

$$r(l) < pm \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 } 6)$$

ここで、 $pm$ は、突然変異確率であり、予め定められている。

- [0152] 次に、制御部105は、決定した位置の遺伝子を反転させて、突然変異を実行し、染色体E( $i$ )として、突然変異後染色体テーブルに登録する(ステップS604)。ただし、突然変異されなかった遺伝子C( $i$ )は、そのまま、遺伝子E( $i$ )として登録される。
- [0153] その後、制御部105は、 $i=4$ であるか否かを判断する(ステップS605)。 $i=4$ でない場合、制御部105は、ステップS602の動作に戻って、残りの遺伝子D( $i$ )についての突然変異を実行する。一方、 $i=4$ である場合、突然変異後染色体テーブルが完成したこととなる。突然変異後染色体テーブルは、次の世代の遺伝子を示していることとなる。制御部105は、ステップS101の動作に戻り、次の世代の処理へと進む。なお、先述のように、 $i=4$ という条件は、自然淘汰後染色体受信電力テーブルに登録されている染色体の数に合わせて変更される条件である。
- [0154] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期染色体(初期負荷値情報)が存在しない場合、第二世代目以降のステップS101～S105において、制御部105は、初期染色体(初期負荷値情報)を遺伝的アルゴリズムによって進化させていき、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に対応する染色体(整合負荷値情報)を導出し、導出した染色体に対応する負荷値を有するように整合回路102を制御する。第二世代目以降のステップS101～S105の処理を整合負荷値導出

処理という。

- [0155] たとえば、自由空間中で整合している状態から、第1の人体近接状態に変化した場合、適切な受信電力を得ることができるバラクタ電圧を示す染色体が生成され、インピーダンスが整合されることとなる。その後、第1の人体近接状態から、自由空間中での状態に変化した場合、制御部105は、受信電力の変化を検出し、図4に示す処理を実行して、アンテナ101と信号処理部104との間のインピーダンス整合をとることができるバラクタ電圧を示す染色体を生成して、インピーダンスを整合させる。
- [0156] このように、第1の実施形態では、受信電力の変化が検知された場合、制御部105は、まず、使用状態初期染色体テーブルに格納されている染色体を用いて、バラクタ電圧を整合回路102に印加する。適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在していれば、制御部105は、当該初期染色体に対応するバラクタ電圧を整合回路102に印加して、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在しない場合、制御部105は、初期染色体を遺伝的アルゴリズムによって進化させ、適切な染色体を得るように動作する。初期染色体の進化の際、制御部105は、初期染色体の中で、受信電力が高い染色体を優先的に選択する。したがって、初期染色体を適切な染色体に短時間で進化させることができる。よって、インピーダンスの整合が迅速に実行されることとなる。これにより、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができるので、不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した受信電力を得ることができる携帯無線装置が提供されることとなる。
- [0157] また、携帯無線装置1は、使用状態に対応した染色体のみを記憶しておくだけで、インピーダンスを適応的に整合させることができるので、記憶しておくべき情報を削減することができる。
- [0158] また、携帯無線装置1は、平均化された受信電力を用いるので、安定的な動作が可能となる。
- [0159] なお、制御部105は、染色体を進化させる過程において、適切な染色体が見つかった場合、新たに見つかった染色体を初期染色体(初期負荷値情報)として使用状態初期染色体テーブルに登録するようにしてもよい。具体的には、制御部105は、図

10のステップS220および／またはS214の後に、整合回路102の制御に用いた染色体を初期染色体として、記憶部106に登録する。図15は、適切な染色体が見つかった場合、当該染色体を初期染色体として初期染色体テーブルに登録するようにしたときの図4におけるステップS101の動作の詳細を示すフローチャートである。図15では、新たに初期染色体を使用状態初期染色体テーブルに登録するステップS224が追加されている点が図10と異なる。なお、制御部105は、第1世代におけるステップS302で選択した染色体の使用状態を新たに登録する初期染色体の使用状態としてもよい。制御部105は、次回実行される図4の処理において、新たに登録した初期染色体も用いて、インピーダンスを整合するためのバラクタ電圧を決定していくとよい。これにより、染色体の進化を繰り返していくことによって、携帯無線装置1を使用するユーザに適合した染色体が初期染色体として蓄積されていくこととなる。よって、制御部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0160]   なお、第1の実施形態で示した遺伝的アルゴリズムは、あくまでも一例である。本発明で用いられる遺伝的アルゴリズムは、上述の遺伝的アルゴリズムに限定されるものではない。

[0161]   （第2の実施形態）

第2の実施形態において、携帯無線装置のブロック構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用する。また、整合回路102のブロック構成も第1の実施形態と同様であるので、図2を援用する。

[0162]   第2の実施形態では、直列のバラクタ電圧206および並列のバラクタ電圧207を示す初期パラメータが、使用状態と対応付けられて、使用状態初期パラメータテーブルとして、記憶部106に記憶されている。図16は、第2の実施形態における使用状態初期パラメータテーブルの一例を示す図である。初期パラメータは、整合回路102の負荷値に関する情報であって、携帯無線装置の使用状態に対応しているので、初期負荷値情報と呼ばれる。

[0163]   図17、第2の実施形態における制御部105の動作を示すフローチャートである。以下、図17を参照しながら、第2の実施形態における制御部105の動作について説明



する。

[0164] 図17に示す動作は、第1の実施形態における図4の動作と同様のタイミングで開始する。

[0165] まず、制御部105は、ステップS701において、使用状態初期パラメータテーブルに登録されている初期パラメータを用いたときの受信電力を取得し、適切な受信電力を有する初期パラメータが存在するか否かを判断する。このような初期パラメータが存在する場合、制御部105は、当該初期パラメータを用いて、整合回路102を制御し、処理を終了する。一方、このような初期パラメータが存在しない場合、制御部105は、ステップS702の動作に進む。ステップS701において、制御部105は、現在のバラクタ電圧と受信電力とを対応付けて記憶部106に記憶させると共に、初期パラメータと受信電力とを対応付けて記憶部106に記憶させ、パラメータ受信電力テーブルを作成する。図18は、パラメータ受信電力テーブルの一例を示す図である。

[0166] ステップS702において、制御部105は、パラメータ受信電力テーブルに登録されているパラメータの中で、最も受信電力が大きいパラメータを選択し、選択したパラメータに対応するバラクタ電圧を整合回路102に印加して、ステップS703の動作に進む。

[0167] ステップS703において、制御部105は、ステップS702で選択した最も受信電力が大きいパラメータを用いて、バラクタ電圧を最急降下法によって微調整することによって、整合回路102の負荷値を微調整し、インピーダンス整合させて、処理を終了する。

[0168] 図19は、ステップS701における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図19を参照しながら、ステップS701における制御部105の動作の詳細について説明する。

[0169] まず、制御部105は、現在のバラクタ電圧と現在の受信電力(以下、受信電力RSSI1とする)とをパラメータ受信電力テーブルに登録する(ステップS801)。次に、制御部105は、記憶部106に格納されている使用状態初期パラメータテーブルから、初期パラメータを一つ取得し(ステップS802)、取得した初期パラメータに基づくバラクタ電圧を整合回路102に印加する(ステップS803)。次に、制御部105は、信号強

度検出部103から受信電力を取得し(ステップS804)、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS805)。ステップS805における判断基準は、図10のステップS210と同じである。

[0170] 受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力が適切でない場合、制御部105は、当該初期パラメータと取得した受信電力とを対応付けて、パラメータ受信電力テーブルに登録し(ステップS806)、ステップS807の動作に進む。

[0171] ステップS807において、制御部105は、全ての初期パラメータに対応する受信電力を登録したか否かを判断する。登録していない場合、制御部105は、ステップS802の動作に戻る。これによって、全ての初期パラメータについて、適切な受信電力を得ることができるか否かが判断される。一方、登録された場合、制御部105は、ステップS702の動作に進む。

[0172] ステップS801～S807において、制御部105は、記憶装置106に記憶されている初期パラメータ(初期負荷値情報)評価して、インピーダンス整合が得られる初期パラメータ(初期負荷値情報)が存在すれば、当該初期パラメータ(初期負荷値情報)に対応する負荷値を整合回路102が有するように、整合回路102に当該初期パラメータ(初期負荷値情報)に対応するバラクタ電圧を印加する。ステップS801～S807の処理を、初期制御処理という。

[0173] 図20は、ステップS703における制御部105の動作の一部を示すフローチャートである。以下、図20を参照しながら、ステップS703における制御部105の動作の一部について説明する。なお、制御を行う際に必要となる初期変化量 $\Delta$ 、終了値EVは予め定められている。また、符号S1、S2の初期値は、1である。

[0174] まず、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ および変化量 $\Delta 2$ に対して、初期変化量 $\Delta$ を代入する(ステップS901)。次に、制御部105は、ステップS702で選択した最も評価の高いパラメータが示す直列のバラクタ電圧に対して、符号S1 $\times$ 変化量 $\Delta 1$ を加える(ステップS902)。次に、制御部105は、ステップS902で得た直列のバラクタ電圧とステップS702で選択したパラメータが示す並列のバラクタ電圧とを整合回路102の直列バラクタダイオード203と並列バラクタダイオード204とに印加する(ステップS903)。

次に、制御部105は、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSIとする(ステップS904)。

[0175] 次に、制御部105は、ステップS904で取得した受信電力RSSIが適切であるか否かを判断する(ステップS905)。ステップS905での判断手法は、図10のステップS210と同じである。受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。適切な受信電力を得ることができるここでのバラクタ電圧は、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に関する情報であるので、整合負荷値情報という。一方、受信電力が適切でない場合、制御部105は、受信電力RSSIが受信電力RSSI1よりも小さいか否かを判断する(ステップS906)。ステップS906の判断によって、直列のバラクタ電圧を変化量 $\Delta 1$ だけ変化させることが、受信電力を大きくすることにつながるのかが判断される。

[0176] ステップS906において、RSSIがRSSI1よりも小さいと判断した場合、制御部105は、符号S1を反転させる(ステップS907)。次に、制御部105は、直列のバラクタ電圧に対して、 $2 \times \text{符号S1} \times \text{変化量} \Delta 1$ を加える(ステップS908)。これによって、直列のバラクタ電圧がステップS902とは逆方向に変化することとなる。次に、制御部105は、ステップS908で得た直列のバラクタ電圧とステップS702で得た並列のバラクタ電圧とを整合回路102に印加して(ステップS909)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSIとし(ステップS910)、ステップS911の動作に進む。ただし、ステップS908で得た直列のバラクタ電圧が負となる場合、制御部105は、整合回路102に対して、0Vの電圧を印加する。以下、同様に、変化後の直列のバラクタ電圧が負の場合、整合回路102に印加する電圧は0Vであるとする。

[0177] ステップS906において、RSSIがRSSI1よりも小さくないと判断した場合、制御部105は、受信電力RSSI1をステップS904で取得した受信電力RSSIに置き換えて(ステップS906a)、ステップS902の動作に戻る。これによって、さらに直列のバラクタ電圧を変化させ、より高い受信電力を得ることができるか否かの判断が進む。

[0178] ステップS911において、制御部105は、ステップS910で取得した受信電力RSSIが適切であるか否かを判断する。ステップS911における判断基準は、図10のステップS210と同じである。受信電力が適切であると判断した場合、制御部105は、処理

を終了する。ここでのバラクタ電圧は、整合負荷値情報である。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS910で取得した受信電力RSSIが受信電力RSSI1よりも小さいか否かを判断する(ステップS912)。

[0179] ステップS912において、RSSIがRSSI1よりも小さいと判断した場合、制御部105は、符号S1を反転させ(ステップS913)、直列のバラクタ電圧に対して、符号S1×変化量 $\Delta 1$ を加算する(ステップS914)。これにより、直列のバラクタ電圧が図20の動作が開始した段階に戻る。次に、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ を1/2倍に更新する(ステップS915)。次に、制御部105は、更新後の変化量 $\Delta 1$ が終了値EVよりも大きい  
か否かを判断する(ステップS916)。

[0180] ステップS912において、RSSIがRSSI1よりも小さくないと判断した場合、制御部105は、受信電力RSSI1をステップS910で取得した受信電力RSSIに置き換えて(ステップS912a)、ステップS902の動作に戻る。

[0181] ステップS916において、変化量 $\Delta 1$ が終了値EVよりも大きい場合、制御部105は、ステップS902の動作に戻る。これにより、より小さい変化量を用いて、直列のバラクタ電圧が調整されることとなる。一方、変化量 $\Delta 1$ が終了値EVより大きくない場合、制御部105は、ステップS917の動作に進む。

[0182] 図21は、ステップS917以降の制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図21を参照しながら、ステップS917以降の制御部105の動作の詳細について説明する。

[0183] ステップS917において、制御部105は、ステップS702で選択したパラメータが示す並列のバラクタ電圧に対して、符号S2×変化量 $\Delta 2$ を加える。次に、制御部105は、ステップS917で得た並列のバラクタ電圧とステップS916以前で得た直列のバラクタ電圧とを整合回路102の直列のバラクタダイオード203と並列のバラクタダイオード204とに印加する(ステップS918)。次に、制御部105は、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSIとする(ステップS919)。

[0184] 次に、制御部105は、ステップS919で取得した受信電力RSSIが適切であるか否かを判断する(ステップS920)。ステップS920での判断手法は、図10のステップS210と同じである。受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。ここ



でのバラクタ電圧は、整合負荷値情報である。一方、受信電力が適切でない場合、制御部105は、ステップS919で取得した受信電力RSSIが受信電力RSSI1より小さいか否かを判断する(ステップS921)。ステップS921の判断によって、並列のバラクタ電圧を変化量 $\Delta 2$ だけ変化させることが、受信電力を大きくすることにつながるのかが判断される。

[0185] ステップS921において、RSSIがRSSI1より小さいと判断した場合、制御部105は、符号S2を反転させる(ステップS922)。次に、制御部105は、並列のバラクタ電圧に対して、 $2 \times \text{符号S2} \times \text{変化量} \Delta 2$ を加える(ステップS923)。これによって、並列のバラクタ電圧がステップS917とは逆方向に変化することとなる。次に、制御部105は、ステップS923で得た並列のバラクタ電圧とステップS916以前で得た直列のバラクタ電圧とを整合回路102に印加して(ステップS924)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSIとし(ステップS925)、ステップS926の動作に進む。ただし、ステップS923で得た並列のバラクタ電圧が負となる場合、制御部105は、整合回路102に対して、0Vの電圧を印加する。以下、同様に、変化後の並列のバラクタ電圧が負の場合、整合回路102に印加する電圧は0Vであるとする。

[0186] ステップS922において、RSSIがRSSI1より小さくないと判断した場合、制御部105は、受信電力RSSI1をステップS919で取得した受信電力RSSIに置き換えて(ステップS921a)、ステップS917の動作に戻る。

[0187] ステップS926において、制御部105は、ステップS925で取得した受信電力RSSIが適切であるか否かを判断する。ステップS926における判断基準は、図10のステップS210と同じである。受信電力が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了する。ここでのバラクタ電圧は、整合負荷値情報である。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS925で取得した受信電力RSSIが受信電力RSSI1より小さいか否かを判断する(ステップS927)。

[0188] ステップS927において、RSSIがRSSI1より小さいと判断した場合、制御部105は、符号S2を反転させ(ステップS928)、並列のバラクタ電圧に対して、 $\text{符号S2} \times \text{変化量} \Delta 2$ を加算する(ステップS929)。これにより、直列のバラクタ電圧が図21の動作が開始した段階に戻る。次に、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ を1/2倍に更新する



(ステップS930)。次に、制御部105は、更新後の変化量 $\Delta 2$ が終了値EVよりも大きい  
いか否かを判断する(ステップS931)。

- [0189] ステップS927において、RSSIがRSSI1よりも小さくないと判断した場合、制御部105は、受信電力RSSI1をステップ925で取得した受信電力RSSIに置き換えて(ステップS927a)、ステップS917の動作に戻る。
- [0190] ステップS936において、変化量 $\Delta 2$ が終了値EVよりも大きい場合、制御部105は、ステップS917の動作に戻る。これにより、より小さい変化量を用いて、直列のバラクタ電圧が調整されることとなる。一方、変化量 $\Delta 2$ が終了値EVより大きくない場合、制御部105は、処理を終了する。
- [0191] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期パラメータ(初期負荷情報)が存在しない場合、ステップS702, S901～931において、最急降下法アルゴリズムを用いて、バラクタ電圧を微調整することによって整合回路102の負荷値を微調整し、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に対応するバラクタ電圧(整合負荷情報)導出し、導出したバラクタ電圧を印可して、整合回路102を制御する。ステップS702, S901～931の処理が、整合負荷値導出処理である。
- [0192] このように、第2の実施形態では、受信電力の変化が検知された場合、制御部105は、まず、使用状態初期パラメータテーブルに格納されている染色体を用いて、バラクタ電圧を整合回路102に印加する。適切な受信電力を得ることができる初期パラメータが存在していれば、制御部105は、当該初期パラメータに対応するバラクタ電圧を整合回路に印加して、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる初期パラメータが存在しない場合、制御部105は、最も高い受信電力を得ることができる初期パラメータを選択して、当該パラメータに対応するバラクタ電圧を印加して、整合回路を制御する。その上で、制御部105は、印加しているバラクタ電圧を最急降下法によって微調整し、適切な受信電力を得るように動作する。したがって、バラクタ電圧を短時間で適切な値に変化させることができる。よって、インピーダンスの整合が迅速に実行されることとなる。これにより、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができるので、不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した受信電力を得ることができる携帯無線

装置が提供されることとなる。

[0193] また、携帯無線装置1は、使用状態に対応したパラメータのみを記憶しておくだけで、インピーダンスを適応的に整合させることができるので、記憶しておくべき情報を削減することができる。

[0194] また、携帯無線装置1は、平均化された受信電力を用いるので、安定的な動作が可能となる。

[0195] なお、制御部105は、バラクタ電圧を最急降下法によって微調整する過程において、適切なバラクタ電圧が見つかった場合、当該バラクタ電圧に対応するパラメータを使用状態初期パラメータテーブルに登録するようにしてもよい。具体的には、制御部105は、図20のステップS905の後、ステップS911の後、図21のステップS920の後、およびステップS926の後に、整合回路102を制御しているバラクタ電圧に対応するパラメータを記憶部106に登録する。制御部105は、次回実行される図17の処理において、新たに登録した初期パラメータを用いて、インピーダンスを整合するためのバラクタ電圧を決定していくとよい。これにより、バラクタ電圧の微調整を繰り返していくことによって、携帯無線装置1を使用するユーザに適合したパラメータが初期パラメータとして蓄積されていくこととなる。よって、制御部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0196] なお、第2の実施形態で示した最急降下法アルゴリズムは、あくまでも一例である。本発明で用いられる最急降下法アルゴリズムは、上述の最急降下法アルゴリズムに限定されるものではない。

[0197] (第3の実施形態)

第3の実施形態では、別の制御方法によってインピーダンスを適応的に制御する実施形態について説明する。第3の実施形態において、携帯無線装置の構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用することとする。また、携帯無線装置1内の整合回路102の構成も第1の実施形態と同様であるので、図2を援用することとする。信号強度検出部103および信号処理部104の動作は、第1の実施形態と同様である。第3の実施形態において、記憶部106には、第1の実施形態と同様の使用状態初期染色体テーブルが格納されているので、図3を援用する。制御部105の動作は

、第1の実施形態と異なる。以下、制御部105の動作を中心に、第3の実施形態における携帯無線装置1の動作について説明する。

[0198] 図22は、第3の実施形態における制御部105の動作を示すフローチャートである。以下、図22を参照しながら、第3の実施形態における制御部105の動作について説明する。なお、図22に示す動作は、第1の実施形態における図4の動作と同様のタイミングで開始する。なお、初期変化量 $\Delta$ 、終了値EVおよび染色体の遺伝子数N、染色体数NC、および上限世代数Nmgは、予め定められている。また、符号S1、S2の初期値を1とする。

[0199] まず、制御部105は、使用状態初期染色体テーブルに格納されている初期染色体（初期負荷値情報）を用いて整合回路102に印可するバラクタ電圧を制御し、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在すれば、当該初期染色体を用いて整合回路102を制御して、処理を終了する。適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在しない場合、制御部105は、新たな染色体を発生させて、新たな染色体の中に、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、当該染色体を用いて整合回路102を制御して、処理を終了する。また、制御部105は、染色体を進化させていき、進化させた染色体の中に、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、当該染色体を用いて整合回路102を制御して、処理を終了する。進化させた染色体の中にも適切な受信電力を得ることができる染色体がない場合、制御部105は、ステップS1002の局所探索処理に進んで、整合回路102のインピーダンスを微調整する。

[0200] 次に、制御部105は、局所的探索処理として、ステップS1001で選択した染色体に基づいて、整合回路102に印加するバラクタ電圧を微調整する（ステップS1002）。ステップS1002の処理において、適切なバラクタ電圧が見つからなかった場合、制御部105は、大域的探索処理であるステップS1003の動作に進む。一方、ステップS1002において、適切なバラクタ電圧が見つかった場合、制御部105は、処理を終了する。

[0201] ステップS1003において、制御部105は、大域的探索処理として、染色体をランダムに発生させて、遺伝的アルゴリズムを用いて、発生させた染色体を進化させ、適切

な染色体が発生したか否かを判断する。適切な染色体が発生した場合、制御部105は、処理を終了する。一方、適切な染色体が発生していない場合、制御部105は、最も高い受信電力が得られる染色体を選択して、局所的探索処理であるステップS1002の動作に戻る。

[0202] 図23Aは、ステップS1001における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図23Aを参照しながら、ステップS1001における制御部105の動作の詳細について説明する。

[0203] まず、制御部105は、初期設定として、 $k=0$ とする(ステップS1101)。

[0204] 次に、制御部105は、ステップS1102において、初期染色体テーブルの中に、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在するか否かを判断し、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在すれば、処理を終了する。適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在しなければ、初期染色体と合わせて合計  $N_c$  個の染色体が得られるように、新たな染色体をランダムに生成し、生成した染色体を記憶部106に格納する。ステップS1102において、制御部105は、初期染色体に対応する受信電力の中で、最も大きい受信電力を終了基準値  $RL$  とする。

[0205] 次に、制御部105は、 $k$  を1増加させる(ステップS1103)。

[0206] 次に、制御部105は、全ての  $i$  ( $1 \leq i \leq N_c$ ) に対して、記憶部106から染色体  $A(i)$  を取得して、取得した染色体を評価する(ステップS1104)。ステップS1104において、適切な染色体が存在すれば、制御部105は、処理を終了する。一方、ステップS1104において、適切な染色体が存在しない場合、制御部105は、ステップS1105の動作に進む。

[0207] ステップS1105において、制御部105は、ステップS1104での評価において、最も高い評価を得た染色体を選択し、選択した染色体に対応するバラクタ電圧で整合回路102を制御する。

[0208] 次に、制御部105は、記憶部106に格納されている染色体を自然淘汰する(ステップS1106)。次に、制御部105は、ステップS1106での自然淘汰によって得られた染色体を交叉させる(ステップS1107)。次に、制御部105は、ステップS1107での交叉によって得られた染色体を突然変異させる(ステップS1108)。



- [0209] 次に、制御部105は、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ であるか否かを判断する(ステップS1109)。 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ でない場合、制御部105は、ステップS1103の動作に戻って、次の世代の染色体の評価を実行する。一方、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ である場合、制御部105は、ステップS1110の動作に進む。
- [0210] ステップS1110において、制御部105は、最も高い受信電力が終了基準値 $RL$ と同じであるか否かを判断する。最も高い受信電力が終了基準電力 $RL$ と同じである場合、制御部105は、局所的探索処理(ステップS1002)に進む。一方、最も高い受信電力が終了基準電力 $RL$ と同じでない場合、制御部105は、ステップS1111の動作に進む。
- [0211] ステップS1111において、制御部105は、最も高い受信電力を終了基準電力 $RL$ とし、 $k$ を0にして、ステップS1103の動作に戻る。これにより、世代数 $N_{mg}$ のGAを一単位として、そのGA単位毎に処理が行われた結果、得られた解に変化が無ければ処理を終了することとなる。従って、動作が可能な必要最小限の世代数 $N_{mg}$ で最適化を行うことによって、最適化の効率が向上することとなる。
- [0212] このようにして、上限世代数分だけ染色体を進化させ、それによって得られた染色体の中で、最も受信電力が高い染色体が選択されることとなる。
- [0213] 図23Bは、図23AにおけるステップS1102での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図23Bを参照しながら、図23AにおけるステップS1102での制御部105の動作の詳細について説明する。
- [0214] まず、制御部105は、初期設定として、 $i=0$ とし(ステップS1120)、次に、 $i$ を1増加させて(ステップS1121)、初期染色体を一つ取得する(ステップS1122)。次に、制御部105は、取得した染色体をバラクタ電圧に変換し(ステップS1123)、当該バラクタ電圧を整合回路102に印可する(ステップS1124)。次に、制御部105は、信号強度検出部103から受信電力を取得し(ステップS1125)、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS1126)。ステップS1126での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。
- [0215] 適切な受信電力である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、適切な受信電力でない場合、制御部105は、当該初期染色体と受信電力とを染色体A( $i$ )とし、



当該受信電力を受信電力RSSI(i)として、記憶部106に格納し(ステップS1127)、ステップS1128の動作に進む。

- [0216] ステップS1128において、制御部105は、全ての初期染色体について、受信電力を評価したか否かを判断する。全ての初期染色体について評価していない場合、制御部105は、ステップS1121の動作に戻って、別の染色体の評価を続ける。一方、全ての初期染色体について評価している場合、制御部105は、ステップS1129の動作に進む。
- [0217] ステップS1121～S1128において、制御部105は、記憶装置106に記憶されている初期染色体(初期負荷値情報)を評価して、インピーダンス整合が得られる初期染色体(初期負荷値情報)が存在すれば、当該初期染色体(初期負荷値情報)に対応する負荷値を整合回路102が有するように、整合回路102に当該初期染色体(初期負荷値情報)に対応するバラクタ電圧を印加する。S1121～S1128の処理を、初期制御処理という。
- [0218] ステップS1129において、制御部105は、 $N_c - N_f$ 個の染色体をランダムに生成して、染色体A( $N_f + 1$ )～A( $N_c$ )として、記憶部106に格納して、処理を終了する。当該ランダムに発生させた染色体(ランダム染色体という)は、整合回路102の負荷値を表す情報であるので、ランダム負荷値情報という。なお、染色体をランダムに生成する方法は、以下のものである。たとえば、制御部105は、乱数 $r$ ( $0 < r < 1$ )を発生させ、 $r < 0.5$ であるか否かを判断する。 $r < 0.5$ である場合、制御部105は、一つの遺伝子を“0”であるとする。 $r < 0.5$ でない場合、制御部105は、一つの遺伝子を“1”であるとする。このようにして、制御部105は、Nビットの遺伝子をランダムに生成して、一つの染色体を生成する。
- [0219] 図24は、図23AにおけるステップS1104での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図24を参照しながら、図23Aにおけるステップ1104での制御部105の動作の詳細を説明する。
- [0220] まず、制御部105は、初期設定として、 $i = 0$ とする(ステップS1201)。次に、制御部105は、 $i$ を1増加させる(ステップS1202)。次に、制御部105は、記憶部106から、染色体A(i)を取得し(ステップS1203)、取得した染色体A(i)に対応するバラクタ電

圧を算出する(ステップS1204)。

[0221] 次に、制御部105は、ステップS1204で求めたバラクタ電圧を整合回路102に印加して(ステップS1205)、信号強度検出部103から受信電力RSSI(i)を取得する(ステップS1206)。

[0222] 次に、制御部105は、取得した受信電力RSSI(i)が適切であるか否かを判断する(ステップS1207)。ステップS1207における判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。受信電力RSSI(i)が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力RSSI(i)が適切でない場合、制御部105は、染色体A(i)と受信電力RSSI(i)とを対応つけて、記憶部106に格納する(ステップS1208)。

[0223] 次に、制御部105は、 $i=N_c$ であるか否かを判断する(ステップS1209)。 $i=N_c$ でない場合、制御部105は、ステップS1202の動作に戻って、全てのiに対して、受信電力RSSI(i)が適切であるか否かの判断を継続する。一方、 $i=N_c$ である場合、制御部105は、ステップS1105の動作に進む。

[0224] このようにステップS1104において、制御部105は、ランダム染色体(ランダム負荷値情報)を評価して、インピーダンス整合が得られるランダム染色体(ランダム負荷値情報)が存在すれば、当該ランダム染色体(ランダム負荷値情報)に対応する負荷値が得られるように整合回路102を制御する。インピーダンス整合が得られるランダム染色体(ランダム負荷値情報)が存在しない場合、制御部105は、ステップS105以降の処理に進んで、初期染色体(初期負荷値情報)およびランダム染色体(ランダム負荷値情報)を用いて、インピーダンス整合が得られる染色体(整合負荷値情報)を導出する。

[0225] 図25は、図23AにおけるステップS1105での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図25を参照しながら、図23AにおけるステップS1105での制御部105の動作の詳細を説明する。

[0226] まず、制御部105は、記憶部106を参照して、最も受信電力RSSI(i)が高い染色体A(i)を選択する(ステップS1301)。次に、制御部105は、選択した染色体A(i)に対応するバラクタ電圧を算出し(ステップS1302)、算出したバラクタ電圧を整合回路102に印加する(ステップS1303)。次に、制御部105は、最も受信電力が高かった

染色体を染色体A(0)とし、当該染色体に対応する受信電力をRSSI(0)として、記憶部106に格納する(ステップS1304)。

[0227] 次に、制御部105は、受信電力RSSI(0)を終了基準値RLとして、記憶部106に格納し(ステップS1305)、ステップS1106の動作に進む。

[0228] 図26は、図23AにおけるステップS1106での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図26を参照しながら、図23AにおけるステップS1106での制御部105の動作の詳細を説明する。

[0229] まず、制御部105は、初期設定として、 $N=0$ とする(ステップS1401)。次に、制御部105は、記憶部106に格納されている受信電力の中で、最も高い受信電力を有する染色体を染色体C(0)とする(ステップS1402)。次に、制御部105は、Nを1増加させる(ステップS1403)。

[0230] 次に、制御部105は、全ての染色体A(i) ( $0 \leq i \leq N_c$ ) に対して、(式1)で示す選択確率 $p(i)$ を割り当てる(ステップS1404)。次に、制御部105は、全ての染色体A(i) ( $0 \leq i \leq N_c$ ) に対して、(式2)で示す累積確率 $q(i)$ を割り当てる(ステップS1405)。

[0231] 次に、制御部105は、乱数 $r$  ( $0 < r < 1$ ) を発生する(ステップS1406)。

[0232] 次に、制御部105は、発生した乱数 $r$ について、(式3)を満たす $i$ を求め、 $q(i+1)$ に対応する染色体A(i+1)を選択し、選択した染色体A(i+1)を染色体C(N)として、選択した染色体A(i+1)に対応する受信電力と共に記憶部106に格納する(ステップS1407)。

[0233] 次に、制御部105は、 $N=N_c$ であるか否かを判断する(ステップS1408)。 $N=N_c$ でない場合、制御部105は、ステップS1403の動作に進んで、次の染色体を選択する。一方、 $N=N_c$ である場合、制御部105は、ステップS1107の動作に進む。

[0234] 図26に示す動作によって、受信電力が高い染色体が優先的に選択されることとなる。

[0235] 図27は、図23AにおけるステップS1107での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図27を参照しながら、図23AにおけるステップS1107での制御部105の詳細な動作について説明する。

[0236] まず、制御部105は、 $i=0$ として初期設定する(ステップS1501)。次に、制御部10

5は、 $i$ を1増加させ(ステップS1502)、乱数 $r(i)$  ( $0 < r(i) < 1$ )を発生する(ステップS1503)。次に、制御部105は、(式4)を満たすか否かを判断する(ステップS1504)。

[0237] (式4)を満たす場合、制御部105は、記憶部106に格納されている $i$ に対応する染色体 $C(i)$ を親として選択し(ステップS1505)、ステップS1506の動作に進む。一方、(式4)を満たさない場合、制御部105は、親を選択せずに、そのままステップS1506の動作に進む。

[0238] ステップS1506において、制御部105は、 $i = N_c$ であるか否かを判断する。 $i = N_c$ でない場合、制御部105は、ステップS1502の動作に戻って、親の選択を継続する。一方、 $i = N_c$ である場合、制御部105は、ステップS1507の動作に進む。

[0239] ステップS1507において、制御部105は、交叉位置をランダムに決定する。交叉位置の決め方は、図13におけるステップS507と同様である。

[0240] ステップS1507の後、制御部105は、ステップS1505で選択された親の染色体の内、任意の二つの染色体を選んで、ステップS1507で決定した交叉位置の遺伝子を入れ替えることによって、交叉を行う。制御部105は、交叉後の染色体および交叉を行わなかった染色体を染色体 $D(i)$ として、記憶部106に格納し、ステップS1108の動作に進む。

[0241] 図28は、図23Aにおけるステップ1108での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図28を参照しながら、図23Aにおけるステップ1108での制御部105の動作について説明する。

[0242] まず、制御部105は、 $i = 0$ として初期設定し(ステップS1601)、 $i$ を1増加させる(ステップS1602)。次に、制御部105は、染色体 $D(i)$ について、突然変異させるか否かランダムに決定し、突然変異させる場合、突然変異させる遺伝子の位置をランダムに決定する(ステップS1603)。突然変異させる遺伝子の位置の決定方法は、図14のステップS603での決定方法と同じである。

[0243] 次に、制御部105は、決定した位置の遺伝子を反転させて、突然変異を実行し、染色体 $A(i)$ を突然変異後の染色体に置き換えて、記憶部106に格納する(ステップS1604)。ただし、突然変異されなかった遺伝子 $D(i)$ は、そのまま、遺伝子 $A(i)$ として登録される。



- [0244] その後、制御部105は、 $i=N_c$ であるか否かを判断する(ステップS1605)。 $i=N_c$ でない場合、制御部105は、ステップS1602の動作に戻って、残りの遺伝子D(i)についての突然変異を実行する。一方、 $i=N_c$ である場合、制御部105は、ステップS1109の動作へ進む。
- [0245] 第二世代目以降のステップS1004～S1108において、制御部105は、初期染色体およびランダム染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させていくことによって、インピーダンス整合を得ることができる染色体(整合負荷値情報)を導出することとなる。
- [0246] 図29は、図22におけるステップS1002での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図29を参照しながら、図22におけるステップS1002での制御部105の動作の詳細を説明する。
- [0247] まず、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ に初期変化量 $\Delta$ を代入し、変化量 $\Delta 2$ に初期変化量 $\Delta$ を代入し(ステップS1701)、ステップS1702の動作に進む。
- [0248] ステップS1702において、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ に基づいて、現在の直列のバラクタ電圧を変化させ、受信電力を取得し、取得した受信電力が最適であるか否かを判断する。受信電力が最適である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力が最適でない場合、制御部105は、ステップS1703の動作に進む。
- [0249] ステップS1703において、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ を更新させ、更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 1$ が達したか否かを判断する。更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 1$ が達していない場合、制御部105は、ステップS1702の動作に戻る。一方、更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 1$ が達している場合、制御部105は、ステップS1704の動作に進む。
- [0250] ステップS1704において、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ に基づいて、現在の並列のバラクタ電圧を変化させ、受信電力を取得し、取得した受信電力が最適であるか否かを判断する。受信電力が最適である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力が最適でない場合、制御部105は、ステップS1705の動作に進む。
- [0251] ステップS1705において、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ を更新させ、更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 2$ が達したか否かを判断する。更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 2$ が



達していない場合、制御部105は、ステップS1704の動作に戻る。一方、更新を終了すべき値に変化量 $\Delta 2$ が達している場合、制御部105は、ステップS1003の動作に進む。また、制御部105は、ステップS1705において初期変化量 $\Delta$ も更新する。初期変化量 $\Delta$ が更新を終了すべき値に達していない場合、制御部105は、ステップS1701の動作に戻る。一方、制御部105は、初期変化量 $\Delta$ が更新を終了すべき値に達しており、かつ現在の受信電力が終了基準電力RLと同じである場合、処理を終了する。初期変化量 $\Delta$ が更新を終了すべき値に達しており、かつ現在の受信電力が終了基準値RLと同じでない場合、制御部105は、ステップS1003の動作に進む。

[0252] 図30は、図29におけるステップS1702での制御部105の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図30を参照しながら、図29におけるステップS1702での制御部105の詳細な動作について説明する。

[0253] まず、制御部105は、現在の直列のバラクタ電圧に対して、符号 $S1 \times \Delta 1$ を加算し(ステップS1801)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSI2とする(ステップS1802)。次に、制御部105は、受信電力RSSI2が適切な受信電力であるか否かを判断する(ステップS1803)。ステップS1803での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。

[0254] ステップS1803において、受信電力RSSI2が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了する。ステップS1803で得られる受信電力に対応するバラクタ電圧が整合負荷値情報である。一方、受信電力RSSI2が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS1801において、直列のバラクタ電圧を変更する前の受信電力RSSI1よりも、受信電力RSSI2が大きいかなんかを判断する(ステップS1804)。

[0255] 受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きい場合、制御部105は、受信電力RSSI1の値をRSSI2にして(ステップS1805)、ステップS1801の動作に戻る。一方、受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS1806の動作に進む。

[0256] ステップS1806において、制御部105は、符号 $S1$ を反転する。次に、制御部105は、現在の直列のバラクタ電圧に対して、 $2 \times S1 \times \Delta 1$ を加算し(ステップ1807)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSI2とする(ステップS1808)。次に、制御

部105は、受信電力RSSI2が適切な受信電力であるか否かを判断する(ステップS1809)。ステップS1809での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。

[0257] ステップS1809において、受信電力RSSI2が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了する。ステップS1809で得られる受信電力に対応するバラクタ電圧が整合負荷値情報である。一方、受信電力RSSI2が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS1807において直列のバラクタ電圧を変更する前の受信電力RSSI1よりも、受信電力RSSI2が大きいかな否かを判断する(ステップS1810)。

[0258] 受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きい場合、制御部105は、受信電力RSSI1の値をRSSI2にして(ステップS1811)、ステップS1807の動作に戻る。一方、受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS1703の動作に進む。

[0259] 図31は、図29におけるステップS1703での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図31を参照しながら、図29におけるステップS1703での制御部105の動作の詳細について説明する。

[0260] まず、制御部105は、符号S1を反転させる(ステップS1901)。次に、制御部105は、現在の直列のバラクタ電圧に $S1 \times \Delta 1$ を加算する(ステップS1902)。次に、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ を更新する(ステップS1903)。たとえば、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ を $1/n$ 倍することによって、変化量 $\Delta 1$ を更新する。次に、制御部105は、変化量 $\Delta 1$ が、終了値EVよりも大きいかな否かを判断する(ステップS1904)。変化量 $\Delta 1$ が終了値EVよりも大きい場合、制御部105は、ステップS1702の動作に戻る。一方、変化量 $\Delta 1$ が終了値EVよりも大きくない場合、制御部105は、ステップS1704の動作に進む。

[0261] 図32は、図29におけるステップS1704での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図32を参照しながら、図29におけるステップS1704での制御部105の動作の詳細について説明する。

[0262] まず、制御部105は、現在の並列のバラクタ電圧に対して、符号 $S2 \times \Delta 1$ を加算し(ステップS2001)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSI2とする(ステップS2002)。次に、制御部105は、受信電力RSSI2が適切な受信電力であるか否かを

判断する(ステップS2003)。ステップS2003での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。

- [0263] ステップS2003において、受信電力RSSI2が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了する。ステップS2003で得られる受信電力に対応するバラクタ電圧が整合負荷値情報である。一方、受信電力RSSI2が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS2001において、並列のバラクタ電圧を変更する前の受信電力RSSI1よりも、受信電力RSSI2が大きいかな否かを判断する(ステップS2004)。
- [0264] 受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きい場合、制御部105は、受信電力RSSI1の値をRSSI2にして(ステップS2005)、ステップS2001の動作に戻る。一方、受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS2006の動作に進む。
- [0265] ステップS2006において、制御部105は、符号S2を反転する。次に、制御部105は、現在の並列のバラクタ電圧に対して、 $2 \times S2 \times \Delta 1$ を加算し(ステップS2007)、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSI2とする(ステップS2008)。次に、制御部105は、受信電力RSSI2が適切な受信電力であるかな否かを判断する(ステップS2009)。ステップS2009での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。
- [0266] ステップS2009において、受信電力RSSI2が適切であると判断した場合、制御部105は、処理を終了する。ステップS2009で得られる受信電力に対応するバラクタ電圧が整合負荷値情報である。一方、受信電力RSSI2が適切でないと判断した場合、制御部105は、ステップS2007において並列のバラクタ電圧を変更する前の受信電力RSSI1よりも、受信電力RSSI2が大きいかな否かを判断する(ステップS2010)。
- [0267] 受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きい場合、制御部105は、受信電力RSSI1の値をRSSI2にして(ステップS2011)、ステップS2007の動作に戻る。一方、受信電力RSSI2が受信電力RSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS1705の動作に進む。
- [0268] 図33は、図29におけるステップS1705での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図33を参照しながら、図29におけるステップS1705での制

御部105の動作の詳細について説明する。

- [0269] まず、制御部105は、符号S2を反転させ(ステップS2101)、現在の並列のバラクタ電圧に $S2 \times \Delta 2$ を加算する(ステップS2102)。
- [0270] 次に、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ を更新する(ステップS2103)。たとえば、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ を $1/n$ 倍することによって、変化量 $\Delta 2$ を更新する。次に、制御部105は、変化量 $\Delta 2$ が、終了値EVよりも大きいかな否かを判断する(ステップS2104)。変化量 $\Delta 2$ が終了値EVよりも大きい場合、制御部105は、ステップS1704の動作に戻る。一方、変化量 $\Delta 2$ が終了値EVよりも大きくない場合、制御部105は、ステップS2105の動作に進む。
- [0271] ステップS2105において、制御部105は、初期変化量 $\Delta$ を更新する。たとえば、制御部105は、初期変化量 $\Delta$ を $1/n$ 倍することによって、初期変化量 $\Delta$ を更新する。次に、制御部105は、初期変化量 $\Delta$ が終了値EVよりも大きいかな否かを判断する(ステップS2106)。初期変化量 $\Delta$ が終了値EVよりも大きいかな否かという条件は、バラクタ電圧の微調整によって適切な受信電力を得ることができる限界を示す条件であるので、限界条件と呼ばれる。なお、限界条件は、ステップS2106以外の条件であってもよい。
- [0272] 初期変化量 $\Delta$ が終了値EVよりも大きい場合、制御部105は、ステップS1701の動作に戻る。これにより、より細かい変化量を用いて、バラクタ電圧が調整されることとなる。一方、初期変化量 $\Delta$ が終了値EVよりも大きくない場合、制御部105は、受信電力RSSI1が終了基準電力RLと同じであるかな否かを判断する(ステップS2107)。これにより、ステップS1002の局所的探索処理で得た解の最大受信電力とステップS1001の初期処理で得た解の最大受信電力とに差がない場合、収束したとみなして、ステップS1003の大域的探索処理へは進まず、制御が終了することとなる。
- [0273] 受信電力RSSI1が終了基準電力RLと同じである場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力RSSI1が終了基準電力RLと同じでない場合、制御部105は、終了基準電力RLを受信電力RSSI1に更新し、現在のバラクタ電圧を染色体に変換して、得られる染色体を染色体A(1)として記憶部106に格納し(ステップS2108)、ステップS1003の動作に進む。ステップS2108で得られる染色体A(1)は、最



適な受信電力を得ることができる染色体ではないが、ステップS1002での局所的探索処理によって最も高い受信電力を得ることができた染色体である。したがって、染色体A(1)は、現段階では、最も評価の高い染色体となる。以下の図34に示すように、染色体A(1)を用いて、染色体の進化が実行される。

[0274] このように、ステップS1002において、制御部105は、初期染色体およびランダム染色体を進化させることによって得た染色体の中で、最も高い評価を有する染色体に対応する整合回路102の負荷値を微調整することによって、インピーダンス整合が得られるバラクタ電圧(整合負荷値情報)を導出する。

[0275] 図34は、図22におけるステップS1003での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図34を参照しながら、図22におけるステップS1003での制御部105の動作の詳細について説明する。

[0276] まず、制御部105は、初期設定として、 $k=0$ とし(ステップS2201)、ステップS2108で格納した染色体A(1)以外の残り $N_c-1$ 個の染色体を染色体A(2)～A( $N_c$ )として、ランダムに生成して、記憶部106に格納する(ステップS2202)。染色体の生成方法については、図23BのステップS1129と同様である。ステップS2202において、制御部105は、最も高い受信電力を終了基準値RLとする。

[0277] 次に、制御部105は、 $k$ を1増加させる(ステップS2203)。

[0278] 次に、制御部105は、図23AにおけるステップS1104と同様にして、記憶部106に格納されている染色体A(i)を取得して評価する(ステップS2204)。ステップS1104において、適切な染色体が存在すれば、制御部105は、処理を終了する。一方、ステップS2204において、適切な染色体が存在しない場合、制御部105は、ステップS2205の動作に進む。

[0279] ステップS2205からステップS2208において、制御部105は、図23Aに示すステップS1105～S1108と同様にして、染色体A(i)を進化させていき、突然変異後の染色体D(i)を得て、突然変異後の染色体D(i)を染色体A(i)に置き換える。

[0280] 次に、制御部105は、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ であるか否かを判断する(ステップS2209)。 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ でない場合、制御部105は、ステップS2203の動作に戻って、次の世代の染色体の評価を実行する。一方、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ である場合



、制御部105は、ステップS2210の動作に進む。

- [0281] ステップS2210において、制御部105は、最も高い受信電力が終了基準値RLであるか否かを判断する。最も高い受信電力が終了基準電力RLと同じである場合、制御部105は、処理を終了する。一方、最も高い受信電力が終了基準電力RLと同じでない場合、制御部105は、最も高い受信電力を終了基準電力RLとし(ステップS2211)、ステップS1002の局所的探索処理に進む。これにより、ステップS1002の局所的探索処理で得た解の最大受信電力とステップS1003の大域的探索処理で得た解の最大受信電力とに差がない場合、収束したとみなして、制御が終了することとなる。
- [0282] ステップS1003の大域的探索処理は、所定の限界条件(ここでは、ステップS2106の条件)を満たした場合に、実行される。制御部105は、ステップS1003において、新たな染色体を発生して、当該新たな染色体を用いて、インピーダンス整合を得ることができる染色体(整合負荷値情報)を導出する。
- [0283] ステップS1003の大域的探索処理では、まず、制御部105は、染色体(負荷値情報という)を新たに生成し、生成した新たな染色体(負荷値情報)を評価し、インピーダンス整合が得られる染色体が存在すれば、当該染色体に対応する負荷値を有するように整合回路102を制御する。このような染色体が存在しない場合、制御部105は、新たな染色体(負荷値情報)を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させ、進化させた染色体を用いて、整合負荷値情報を導出する。ステップS1003では、ステップS1002での局所的探索処理によって最も高い評価を得た染色体A(1)が用いられる。加えて、染色体A(1)とは全く無関係な染色体がランダムに生成される。これらの染色体を用いて、進化が行われるので、高い受信電力が得られる染色体の影響を受けた染色体が生成されることとなる。局所的探索処理によって得られた局所解が適切でない場合、大域的探索処理によって、染色体が見直され、より適した染色体の探索が実行される。大域的探索処理によって適切な染色体が見つければ、制御部105は、処理を終了する。大域的探索処理によって適切な染色体(整合負荷値情報)が見つからなかった場合、再度、局所的探索処理が実行され、バラクタ電圧が微調整されることとなる。
- [0284] ステップS1001によって、局所的探索処理で用いる染色体が決定された後は、終

了条件が満たされるまで、大域的探索処理と局所的探索処理とは、それぞれの処理で得た染色体を用いて、交互に処理を実行する。これにより、ある環境下においてバラクタ電圧の変更制御を開始したとした場合に、制御中にその環境が変わったとしても、大域的探索処理が設けられていることによって、短時間で環境変化に応じたバラクタ電圧の追従が可能となる。

[0285] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期染色体(初期負荷値情報)が存在しない場合、第二世代目以降のステップS1001における処理と、ステップS1002の処理と、ステップS1003の処理とにおいて、制御部105は、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に対応する染色体またはバラクタ電圧(整合負荷値情報)を導出して整合回路102を制御する。第二世代目以降のステップS1001における処理と、ステップS1002の処理と、ステップS1003の処理との処理を、合わせて、整合負荷値導出処理という。

[0286] このように、第3の実施形態に係る携帯無線装置は、アンテナがおかれる様々な環境に対応しながら、インピーダンスを適応的に制御できる。したがって、不整合損による損失を減らすことが可能で、常に安定的な受信電力を保つことができる。

[0287] なお、上限世代数 $N_{mg}$ は、局所解を回避するのに最低限必要な世代数とする。よって、上限世代数 $N_{mg}$ をより小さく設定することにより、さらなる演算時間の短縮化を図ることができる。他の実施形態においても同様である。

[0288] 制御部105は、図22に示す処理の最中に、適切なバラクタ電圧を得ることができた場合、当該バラクタ電圧に対応する染色体を初期染色体として記憶部106に格納するようにしてもよい。具体的には、制御部105は、図24のステップS1207の後、図30のステップS1803の後、ステップS1809の後、図32のステップS2003の後、およびS2009の後に、整合回路102を制御しているバラクタ電圧に対応する染色体を記憶部106に格納する。この場合、制御部105は、図23AのステップS1102において、記憶部106に格納されている初期染色体を取り出し、合計 $N_c$ 個の染色体が得られるように動作する。制御部105によるインピーダンスの調整が繰り返し実行されることによって、記憶部106には、初期染色体が蓄積されていく。記憶部106に蓄積された染色体が $N_c$ 個となった場合、制御部105は、さらに、染色体を蓄積していくようにしても

よいし、不要な染色体を削除して、新たな染色体を蓄積していくようにしてもよい。これにより、携帯携帯無線装置は、インピーダンスの整合を繰り返し実行していくことによって、ユーザに適合したバラクタ電圧を得ることができる染色体を蓄積されていくこととなる。よって、制御部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0289] なお、局所的探索処理(ステップS1002)から大域的探索処理(ステップS1003)、および大域的探索処理(ステップS1003)から局所的探索処理(ステップS1002)に移るとき、受信電力と終了基準電力RLとが一致しているか否かを判断した。ここで、制御部105は、受信電力と終了基準電力RLとの差の絶対値がある所定の基準値以下となるときに、一致していると判断することとする。なお、他の実施形態においても、ある値が一致しているか否かについては、差の絶対値がある所定の基準値以下となっているか否かに基づいて判断されることとする。

[0290] (第4の実施形態)

第4の実施形態において、携帯無線装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用する。ただし、第4の実施形態では、整合回路の構成が第1の実施形態と異なる。

[0291] 図35は、第4の実施形態に係る整合回路400の構成を示すブロック図である。図35において、整合回路400は、直列可変負荷部410と、並列可変負荷部420とを含む。直列可変負荷部410は、第1の負荷411と、第2の負荷412と、第3の負荷413と、第4の負荷414と、第1のスイッチ415と、第2のスイッチ416と、第3のスイッチ417と、第4のスイッチ418とを有する。並列可変負荷部420は、第5の負荷421と、第6の負荷422と、第7の負荷423と、第8の負荷424と、第5のスイッチ425と、第6のスイッチ426と、第7のスイッチ427と、第8のスイッチ428とを有する。なお、負荷は少なくとも一つあればよい。スイッチも少なくとも一つあればよい。このように、整合回路400は、負荷である少なくとも一つのリアクタンス素子および／または少なくとも一つのインダクタンス素子と、負荷を選択するための少なくとも一つのスイッチとを含む。

[0292] 第4の実施形態において、制御部105の動作は、整合回路400の制御方法を除けば、第1の実施形態と同様である。第1の実施形態において、制御部105は、染色体

に対応する直列のバラクタ電圧および並列のバラクタ電圧を求め、これらのバラクタ電圧を整合回路102に印加することとした。第4の実施形態では、制御部105は、染色体内の各遺伝子に応じて、整合回路400のスイッチをオンオフすることによって、整合回路400全体のインピーダンスを制御する。たとえば、制御部105は、第 $n$  ( $n=1, 2, \dots, 8$ )ビット目の遺伝子が“1”である場合、第 $n$ のスイッチをオンにし、第 $n$ ビット目の遺伝子が“0”である場合、第 $n$ のスイッチをオフにする。

[0293] 第4の実施形態では、第1の実施形態において制御部105が染色体をバラクタ電圧に変換するステップ(S207, S217)が、制御部105が染色体を整合回路400内のスイッチのオンオフに関する情報(以下、スイッチ情報という)に変換するステップに変換するステップに置き換えられる。また、第4の実施形態では、第1の実施形態において制御部105が染色体に基づいて整合回路102にバラクタ電圧を印可するステップ(S208, S218, S303)が、制御部105が染色体に対応するスイッチ情報に基づいて整合回路400内のスイッチをオンオフするステップに置き換えられる。

[0294] このように、制御部105によって整合回路のインピーダンスを制御することができるのであれば、整合回路の構成は、上記の構成に限定されるものではない。整合回路は、制御部からの指示に応じて、インピーダンスを変化させることができる回路であればよい。また、上記実施形態では、制御部105は、染色体やパラメータに基づいて、整合回路を制御することとしたが、整合回路を制御するために必要な情報はこれに限られるものではない。

[0295] 整合回路400では、スイッチの切替によって、インピーダンスが変更される。したがって、インピーダンスが高速に切り替えられることとなる。

[0296] また、整合回路400では、スイッチの切替によってインピーダンスが変更されるので、バラクタダイオードによってインピーダンスを変更する場合に比べて、バラクタダイオードなどの可変容量素子による損失を軽減することができ、より良好な受信電力を安定的に取得することができる。好ましくは、整合回路400のスイッチにMEMS (Micro-Electro-Mechanical System) スイッチを用いることにより、損失をさらに軽減することが可能である。

[0297] なお、図35に示す整合回路400は、第3の実施形態に転用することもできる。この



場合、制御部105は、整合回路400の制御方法以外、第3の実施形態と同様に動作する。当該実施形態では、第3の実施形態において制御部105が染色体をバラクタ電圧に変換するステップ(S1204, S1302, S2108)が、制御部105が染色体を整合回路400内のスイッチ情報に変換するステップに変換するステップに置き換えられる。また、当該実施形態では、第3の実施形態において制御部105が染色体に基づいて整合回路102にバラクタ電圧を印可するステップ(S1205, S1303)が、制御部105が染色体に対応するスイッチ情報に基づいて整合回路400内のスイッチをオンオフするステップに置き換えられる。さらに、当該実施形態では、第3の実施形態において整合回路102に印加されているバラクタ電圧に対応する染色体を得るステップ(S1803, S1809, S2003, S2009, S2107の後)が、整合回路400におけるスイッチ情報に対応する染色体を得るステップに置き換えられる。

[0298] なお、ここでは、整合回路400は、直列可変負部410と並列可変負荷部420とにそれぞれ4つの負荷を備えているとしたが、これに限るものではない。少なくとも2つ以上の負荷が備えられていればよいということはいうまでもない。また、直列可変負荷部410と並列可変負荷部420とに備えられる負荷の数は同じでなくてもよいということはいうまでもない。当然、負荷の数に応じて、染色体内の遺伝子の数を変えてもよい。また、上記では、一つの遺伝子に対して一つの負荷を割り当てることとしたが、遺伝子と負荷との対応付けのパターンについては、これに限られるものではないことはいうまでもない。これらのことは、整合回路400を用いる全ての実施形態についていえる。

[0299] (第5の実施形態)

第5の実施形態において、携帯無線装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用することとする。ただし、整合回路は、第4の実施形態と同様であるので、図35を援用することとする。

[0300] 第5の実施形態において、記憶部106には、使用状態初期パラメータテーブルが格納されている。図36は、使用状態初期パラメータテーブルの一例を示す図である。図36に示すように、使用状態初期パラメータテーブルには、使用状態に対応させて、インピーダンスの整合がとれると予想されるパラメータが登録されている。各パラメ



ータにおいて、第4の実施形態と同様、各ビットが整合回路400の各スイッチのオンオフを示している。すなわち、第i番目のビットが“0”である場合、第iのスイッチがオフとなり、第i番目のビットが“1”である場合、第iのスイッチがオンとなる。

[0301] 図37は、第5の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。以下、図37を参照しながら、第5の実施形態に係る制御部105の動作について説明する。なお、図37に示す動作は、第1の実施形態における図4の動作と同様のタイミングで開始する。

[0302] まず、制御部105は、整合回路400における現在のスイッチのオンオフ状態をパラメータ化して、現在の受信電力を受信電力RSSI1として、得られたパラメータと対応付けて、記憶部106に格納する(ステップS2301)。

[0303] 次に、制御部105は、使用状態初期パラメータテーブルから、初期パラメータを一つ取得し、取得した初期パラメータに基づいて整合回路400のスイッチを切り替え、信号強度検出部103から受信電力を取得して、取得した初期パラメータと対応付けて、記憶部106に格納する(ステップS2302)。

[0304] 次に、制御部105は、ステップS2302で取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS2303)。ステップS2303における判断基準は、図10のステップS210と同様である。ステップS2302で取得した受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、ステップS2302で取得した受信電力が適切でない場合、制御部105は、ステップS2304の動作に進む。

[0305] ステップS2304において、制御部105は、使用状態初期パラメータテーブルに登録されている全ての初期パラメータを取得し、受信電力を評価したか否かを判断する。全ての初期パラメータを取得していない場合、制御部105は、ステップS2302の動作に戻り、別の初期パラメータを取得して、受信電力を評価する。一方、全ての初期パラメータを取得している場合、制御部105は、ステップS2305の動作に進む。

[0306] ステップS2302～S2304において、制御部105は、記憶装置106に記憶されている初期パラメータ(初期負荷値情報)を評価し、インピーダンス整合が得られる初期パラメータ(初期負荷値情報)が存在すれば、当該初期パラメータ(初期負荷値情報)に対応する負荷値が得られるように整合回路400を制御する。ステップS2302～S2

304の処理を、初期制御処理という。

- [0307] ステップS2305において、制御部105は、ステップS2301およびS2302で記憶した受信電力の中で、最も高い受信電力を認識し、認識した受信電力に対応している初期パラメータを取得して、取得した初期パラメータを用いて、整合回路400を制御し、それによって得られる受信電力をRSSI1とする。
- [0308] 次に、制御部105は、整合回路400のある一つのスイッチを反転させ、それによって得られる受信電力をRSSI2とする(ステップS2306)。なお、スイッチを反転させるとは、スイッチのオンオフを切り替えることを意味する。ただし、一つのスイッチを反転させることによって、直列負荷部410内の全てのスイッチがオフになってしまう場合、制御部105は、スイッチを反転しないこととする。
- [0309] 次に、制御部105は、受信電力RSSI2が適切であるか否かを判断する(ステップS2307)。ステップS2307での判断基準は、図10におけるステップS210と同様である。受信電力RSSI2が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力RSSI2が適切でない場合、制御部105は、ステップS2308の動作に進む。
- [0310] ステップS2308において、制御部105は、受信電力RSSI2がRSSI1よりも大きいか否かを判断する。すなわち、制御部105は、スイッチの反転によって、より大きな受信電力が得られるようになったか否かを判断する。RSSI2がRSSI1よりも大きい場合、制御部105は、RSSI1の値をRSSI2の値に変更して(ステップS2309)、ステップS2311の動作に進む。一方、RSSI2がRSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS2306で反転したスイッチを元に戻して(ステップS2310)、ステップS2311の動作に進む。
- [0311] ステップS2311において、制御部105は、全てのスイッチの反転を試みたか否かを判断する。全てのスイッチの反転を試みていない場合、制御部105は、今まで反転を試みていない別のスイッチを一つ選択し(ステップS2312)、ステップS2306の動作に戻って、選択したスイッチを反転させ、受信電力を評価する処理を継続する。一方、全てのスイッチの反転を試みている場合、制御部105は、ステップS2313の動作に進む。
- [0312] ステップS2313において、制御部105は、スイッチの反転を試みる前(ステップS23

06の前)のスイッチのオンオフ状態と、全てのスイッチの反転を試みた後(ステップS2311の後)のスイッチのオンオフ状態とが一致しているか否かを判断する。一致している場合、全てのスイッチを反転させたとしても、反転させる前よりも大きな受信電力を得ることができないことを意味するので、制御部105は、処理を終了する。一方、一致していない場合、全てのスイッチの反転を試みたら、反転させる前よりも大きな受信電力を得ることができたことを意味している。したがって、この場合、さらに、スイッチの反転を試みたら、より大きな受信電力が得られる可能性があることを意味している。よって、一致していない場合、制御部105は、ステップS2306の動作に戻って、スイッチの反転処理を再度実行する。

[0313] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期パラメータ(初期負荷値情報)が存在しない場合、ステップS2305～S2313において、制御部105は、インピーダンス整合が得られるようにスイッチを切り替えながら、最適なスイッチのオンオフに関する情報(整合負荷値情報)を導出して、整合回路102を制御する。ステップS2305～S2313の処理を整合負荷値導出処理という。なお、ステップS2305は、整合負荷値導出処理の開始点である。

[0314] このように、第5の実施形態では、受信電力の変化が検知された場合、制御部105は、まず、使用状態初期パラメータテーブルに格納されているパラメータを用いて、整合回路400のスイッチを切り替える。適切な受信電力を得ることができる初期パラメータが存在していれば、制御部105は、当該初期パラメータに対応するように整合回路400のスイッチを切り替えて、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる初期パラメータが存在しない場合、制御部105は、最も高い受信電力を得ることができる初期パラメータを選択して、当該パラメータに対応するように整合回路400のスイッチを切り替える。その上で、制御部105は、各スイッチのオンオフを切り替えながら、整合回路400のインピーダンスを微調整して、最適な受信電力を得ることができるようにする。したがって、整合回路400のインピーダンスを短時間で適切な値に変化させることができる。これにより、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができるので、不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した受信電力を得ることができる携帯無線装置が

提供されることとなる。

- [0315] なお、制御部105は、図37に示す処理の最中に、適切な受信電力を得ることができた場合、当該受信電力を得ることができた整合回路400のスイッチ状態に対応するパラメータを初期パラメータとして記憶部106に格納するようにしてもよい。具体的には、制御部105は、図37のステップS2303の後、およびS2307の後に、整合回路400のスイッチ状態に対応するパラメータを記憶部106に格納する。この場合、制御部105は、図37のステップS2302において、新たに格納された初期パラメータも選択するように動作するとよい。制御部105によるインピーダンスの調整が繰り返し実行されることによって、記憶部106には、初期パラメータが蓄積されていく。これにより、携帯携帯無線装置は、インピーダンスの整合を繰り返し実行していくことによって、ユーザに適合したパラメータを蓄積されていくこととなる。よって、制御部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

- [0316] (第6の実施形態)

第6の実施形態において、携帯無線装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用することとする。ただし、整合回路は、第4の実施形態と同様であるので、図35を援用することとする。

- [0317] 第6の実施形態において、記憶部106には、使用状態初期染色体テーブルが格納されている。図38は、使用状態初期染色体テーブルの一例を示す図である。図38に示すように、使用状態初期染色体テーブルには、使用状態に対応させて、インピーダンスの整合がとれると予想される初期染色体が登録されている。各初期染色体において、各遺伝子が整合回路400の各スイッチのオンオフを示している。すなわち、第n番目の遺伝子が“0”である場合、第nのスイッチがオフとなり、第n番目の遺伝子が“1”である場合、第nのスイッチがオンとなる。

- [0318] 図39は、第6の実施形態に係る制御部105の動作を示すフローチャートである。以下、図39を参照しながら、第6の実施形態に係る制御部105の動作について説明する。図39に示す動作は、第1の実施形態における図4の動作と同様のタイミングで開始する。



- [0319] まず、ステップS2401において、制御部105は、使用状態初期染色体テーブルに格納されている初期染色体を用いて整合回路400のスイッチを切り替え、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在すれば、当該初期染色体を用いて整合回路400を制御して、処理を終了する。適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在しない場合、制御部105は、新たな染色体を発生させて、新たな染色体の中に、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、当該染色体を用いて整合回路400を制御して、処理を終了する。また、制御部105は、染色体を進化させていき、進化させた染色体の中に、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、当該染色体を用いて整合回路400を制御して、処理を終了する。進化させた染色体の中にも適切な受信電力を得ることができる染色体がない場合、制御部105は、ステップS2402の局所探索処理に進んで、整合回路400のインピーダンスを微調整する。
- [0320] ステップS2402において、制御部105は、ステップS2401において最も受信電力が高いと判断された染色体によってスイッチが切り替えられている整合回路400のスイッチ状態を微調整して、より適切なスイッチ状態を得て、処理を終了する。
- [0321] 図40は、ステップS2401における制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図40を参照しながら、ステップS2401における制御部105の動作の詳細について説明する。
- [0322] まず、制御部105は、初期設定として、 $k=0$ とする(ステップS2501)。
- [0323] 次に、使用状態初期染色体テーブルに格納されている初期染色体を含む合計 $N_c$ 個の染色体をランダムに生成し、生成した染色体を記憶部106に格納する(ステップS2502)。ステップS2502において、制御部105は、最も高い受信電力を終了基準値 $R_L$ とする。
- [0324] 次に、制御部105は、 $k$ を1増加させる(ステップS2503)。
- [0325] 次に、制御部105は、記憶部106に格納されている $N_c$ 個の染色体を評価する(ステップS2504)。ステップS2504において、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、制御部105は、処理を終了する。一方、ステップS2504において、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在しない場合、制御部105は、ステ



ップS2505の動作に進む。

- [0326] ステップS2505において、制御部105は、ステップS2504での評価において、最も高い評価を得た染色体を選択し、選択した染色体に対応するスイッチ状態が得られるように整合回路400を制御する。
- [0327] 次に、制御部105は、記憶部106に格納されている染色体を自然淘汰する(ステップS2506)。自然淘汰の方法は、第3の実施形態と同様であるので、図26を援用することとする。
- [0328] 次に、制御部105は、ステップS2506での自然淘汰によって得られた染色体を交叉させる(ステップS2507)。交叉の方法は、第3の実施形態と同様であるので、図27を援用することとする。
- [0329] 次に、制御部105は、ステップS2507での交叉によって得られた染色体を突然変異させる(ステップS2508)。突然変異の方法は、第3の実施形態と同様であるので、図28を援用することとする。
- [0330] 次に、制御部105は、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ であるか否かを判断する(ステップS2509)。 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ でない場合、制御部105は、ステップS2503の動作に戻って、次の世代の染色体の評価を実行する。一方、 $k$ が上限世代数 $N_{mg}$ である場合、制御部105は、ステップS2510の動作に進む。
- [0331] ステップS2510において、制御部105は、最も高い受信電力が終了基準値 $RL$ と同じであるか否かを判断する。最も高い受信電力が終了基準電力 $RL$ と同じである場合、制御部105は、局所的探索処理(ステップS2402)に進む。一方、最も高い受信電力が終了基準電力 $RL$ と同じでない場合、制御部105は、ステップS2511の動作に進む。
- [0332] ステップS2511において、制御部105は、最も高い受信電力を終了基準電力 $RL$ とし、 $k$ を0にして、ステップS2503の動作に戻る。
- [0333] このようにして、上限世代数分だけ染色体を進化させ、それによって得られた染色体の中で、最も受信電力が高い染色体が選択されることとなる。
- [0334] 図41は、図40におけるステップS2502での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図41を参照しながら、図40におけるステップS2502での制

御部105の動作の詳細について説明する。

- [0335] まず、制御部105は、整合回路400の現在のスイッチのオンオフ状態に対応する染色体を求め(ステップS2601)、求めた染色体と現在の受信電力とを対応付けて、記憶部106に記憶させる(ステップS2602)。
- [0336] 次に、制御部105は、使用状態初期染色体テーブルから、初期染色体を一つ取得し(ステップS2603)、取得した初期染色体に対応する整合回路400のスイッチ情報を認識し(ステップS2604)、認識したスイッチ情報に基づいて、整合回路400のスイッチを切り替える(ステップS2605)。次に、制御部105は、スイッチを切り替えた後の受信電力を取得する(ステップS2606)。
- [0337] 制御部105は、ステップS2506で取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS2607)。ここでの判断基準は、図10のステップS210と同様である。受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力が適切でない場合、制御部105は、ステップS2608の動作に進む。
- [0338] ステップS2608において、制御部105は、初期染色体とそれに対応する受信電力とを記憶部106に格納する。
- [0339] 次に、制御部105は、使用状態初期染色体テーブルに登録されている全ての初期染色体について、ステップS2603からS2608の処理を実行済みであるか否かを判断する(ステップS2609)。全ての初期染色体について実行済みでない場合、制御部105は、別な初期染色体を取得して、ステップS2603の動作を実行する。一方、全ての初期染色体について実行済みである場合、制御部105は、 $(N_c - N_f - 1)$ 個の染色体をランダムに生成して、ランダム染色体として記憶部106格納して(ステップS2610)、ステップS2503の処理に進む。ここで、 $N_f$ とは、使用状態初期染色体テーブルに登録されている初期染色体の数を意味する。
- [0340] ステップS2602～S2609において、制御部105は、記憶装置106に記憶されている初期パラメータ(初期負荷値情報)を評価して、インピーダンス整合が得られる初期パラメータ(初期負荷値情報)が存在すれば、当該初期パラメータ(初期負荷値情報)に対応する負荷値を整合回路400が有するように、スイッチを切り替える。ステップS2602～S2609の処理を初期制御処理という。

- [0341] ステップS2610において、ランダムに染色体を生成する方法は、図23BにおけるステップS1129においてランダムに染色体を生成する方法と同様である。これによって、図41に示す動作が開始する前のスイッチ状態に対応する染色体と、使用状態初期染色体テーブルに登録されている染色体と、ランダムに生成された染色体とが、記憶部106に格納されることとなる。
- [0342] 図42は、図40におけるステップS2504での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図42を参照しながら、図40におけるステップS2504での制御部105の動作の詳細について説明する。
- [0343] まず、制御部105は、初期設定として、 $i=0$ とする(ステップS2701)。
- [0344] 次に、制御部105は、 $i$ を1増加させる(ステップS2702)。
- [0345] 次に、制御部105は、記憶部106に記憶されている染色体を一つ取得し(ステップS2703)、取得した染色体に対応するスイッチ情報を認識し(ステップS2704)、認識したスイッチ情報に基づいて、整合回路400のスイッチを切り替える(ステップS2705)。
- [0346] 次に、制御部105は、スイッチの切替後に得られる受信電力を取得し(ステップS2706)、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS2707)。ステップS2707における判断基準は、図10のステップS210と同様である。
- [0347] 受信電力が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力が適切でない場合、制御部105は、ステップS2703で取得した染色体とステップS2706で取得した受信電力とを対応つけて、記憶部106に記憶させ(ステップS2708)、ステップS2709の動作に進む。
- [0348] ステップS2709において、制御部105は、 $i=N_c$ であるか否か、すなわち全ての染色体について受信電力を評価したか否かを判断する。 $i=N_c$ でない場合、制御部105は、ステップS2702の動作に戻って、別の染色体の評価を継続する。一方、 $i=N_c$ である場合、制御部105は、ステップS2505の動作に進む。
- [0349] このようにステップS2702～2709において、制御部105は、ランダム染色体(ランダム負荷値情報)を評価して、インピーダンス整合が得られるランダム染色体(ランダム負荷値情報)が存在すれば、当該ランダム染色体(ランダム負荷値情報)に対応す

る負荷値が得られるように整合回路400を制御する。インピーダンス整合が得られるランダム染色体(ランダム負荷値情報)が存在しない場合、制御部105は、ステップS2505以降の処理に進んで、初期染色体(初期負荷値情報)およびランダム染色体(ランダム負荷値情報)を用いて、インピーダンス整合が得られる染色体(整合負荷値情報)を導出する。

[0350] 図43は、図40におけるステップS2505での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図43を参照しながら、図40におけるステップS2505での制御部105の動作の詳細について説明する。

[0351] まず、制御部105は、図42におけるステップS2708で記憶した受信電力の中で最も高い受信電力を有する染色体を選択する(ステップS2801)。次に、制御部105は、選択した染色体のスイッチ情報を認識して(ステップS2802)、整合回路400のスイッチを切り替える(ステップS2803)。

[0352] 次に、制御部105は、最も受信電力が高かった染色体を染色体A(0)とし、当該染色体に対応する受信電力をRSSI(0)として、記憶部106に格納し(ステップS2804)、ステップS2506の動作に進む。これにより、最も優先度が高いと思われる染色体が配列の先頭に格納されることとなる。

[0353] 図44は、図39におけるステップS2402での制御部105の動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図44を参照しながら、図40におけるステップS2402での制御部105の動作の詳細について説明する。

[0354] まず、制御部105は、初期設定として、 $i=1$ とする(ステップS2901)。次に、制御部105は、現在の受信電力をRSSI1とする(ステップS2902)。

[0355] 次に、制御部105は、第 $i$ のスイッチの状態を反転させる(ステップS2903)。ただし、直列可変負荷部410内の全てのスイッチがオフになる場合は、制御部105は、スイッチを反転させないこととする。

[0356] 次に、制御部105は、受信電力を取得し、取得した受信電力をRSSI2とする(ステップS2904)。次に、制御部105は、受信電力RSSI2が適切な受信電力であるか否かを判断する(ステップS2905)。ステップS2905での判断基準は、図10におけるステップS210での判断基準と同様である。



- [0357] 受信電力RSSI2が適切である場合、制御部105は、処理を終了する。一方、受信電力RSSI2が適切でない場合、制御部105は、ステップS2906の動作に進む。
- [0358] ステップS2906において、制御部105は、RSSI2がRSSI1よりも大きいかなんかを判断する。これによって、スイッチの反転によってより受信電力が高くなるように整合回路400が制御されたかなんかが判断されることとなる。
- [0359] RSSI2がRSSI1よりも大きい場合、制御部105は、RSSI1の値をRSSI2の値に置き換えて(ステップS2907)、ステップS2909の動作に進む。一方、RSSI2がRSSI1よりも大きくない場合、制御部105は、ステップS2903で反転させた第iのスイッチを元に戻して(ステップS2908)、ステップS2909の動作に進む。
- [0360] ステップS2909において、制御部105は、 $i=8$ であるかなんかを判断する。なお、スイッチの数が8個であるので $i=8$ といった判断基準を用いることとしたが、スイッチの数が変われば、当然、それに応じて、判断基準も変わる。
- [0361]  $i=8$ でない場合、制御部105は、 $i$ を1増加させて(ステップS2910)、ステップS2903の動作に戻り、別なスイッチの反転処理を実行する。一方、 $i=8$ である場合、制御部105は、スイッチの反転を試みる前(ステップS2902のとき)のスイッチのオンオフ状態と、全てのスイッチの反転を試みた後のスイッチのオンオフ状態とが一致しているかなんかを判断する(ステップS2911)。状態が一致している場合、制御部105は、処理を終了する。一方、状態が一致していない場合、制御部105は、ステップS2901の動作に戻る。
- [0362] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期染色体(初期負荷値情報)が存在しない場合、ステップS2610以降の処理において、制御部105は、初期染色体(初期負荷値情報)を用いて、インピーダンス整合が得られる染色体またはスイッチ情報(整合負荷値情報)を導出して、整合回路400を制御する。ステップS2610以降の処理を、整合負荷値導出処理という。
- [0363] このように、第6の実施形態では、受信電力の変化が検知された場合、制御部105は、まず、使用状態初期染色体テーブルに格納されている染色体を用いて、整合回路400のスイッチを切り替える。適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在していれば、制御部105は、当該初期染色体に対応するように整合回路400のス



スイッチを切り替えて、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる初期染色体が存在しない場合、制御部105は、新たに染色体をランダムに発生させ、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在するか否かを判断する。適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、制御部105は、当該染色体に対応するように整合回路400のスイッチを切り替えて、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在しない場合、制御部105は、染色体を進化させて、新たな染色体を得る。得られた染色体の中に、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在すれば、制御部105は、当該染色体に対応するように整合回路400のスイッチを切り替えて、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる染色体が存在しない場合、制御部105は、最も高い受信電力を得ることができる染色体を選択して、当該染色体に対応するように整合回路400のスイッチを切り替える。その上で、制御部105は、各スイッチのオンオフを切り替えながら、整合回路400のインピーダンスを微調整して、最適な受信電力を得ることができるようにする。したがって、整合回路400のインピーダンスを短時間で適切な値に変化させることができる。これにより、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができるので、不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した受信電力を得ることができる携帯無線装置が提供されることとなる。

[0364] なお、制御部105は、図39に示す処理の最中に、適切な受信電力を得ることができた場合、当該受信電力を得ることができた整合回路400のスイッチ状態に対応する染色体を初期染色体として記憶部106に格納するようにしてもよい。具体的には、制御部105は、図41のステップS2607の後、図40のステップS2502の後、およびS2504の後に、整合回路400のスイッチ状態に対応する染色体を記憶部106に格納する。この場合、制御部105は、図41のステップS2603において、新たに格納された初期染色体も選択するように動作するとよい。制御部105によるインピーダンスの調整が繰り返し実行されることによって、記憶部106には、初期染色体が蓄積されていく。これにより、携帯無線装置は、インピーダンスの整合を繰り返し実行していくことによって、ユーザに適合したパラメータを蓄積されていくこととなる。よって、制御

部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0365] なお、第6の実施形態において、初期染色体を評価する図41における処理と、染色体を評価する図42における処理とが、第一世代では一部重複することとなる。この重複する処理は、図42において省略されてもよい。

[0366] なお、第1～第6の実施形態における整合負荷値導出処理では、整合回路の負荷値を繰り返し変化させていくことによって、整合負荷値情報を導出している。

[0367] (第7の実施形態)

第7の実施形態において、携帯無線装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用することとする。また、整合回路は、第1の実施形態と同様であるので、図2を援用することとする。なお、第3の実施形態では、使用状態初期染色体テーブルを用いないので、記憶部106は、使用状態初期染色体テーブルを記憶していない。

[0368] 第7の実施形態における制御部105の動作は、第3の実施形態に係る制御部105の動作と類似するので、図22～図34を援用することとする。ただし、第7の実施形態では、使用状態において整合がとれていると予想される染色体を用いることなく、初期染色体をランダムに発生させることから処理を開始する。

[0369] 以下、第3の実施形態と異なる点を中心に、第7の実施形態に係る制御部105の動作について説明する。

[0370] 第3の実施形態と第7の実施形態とが異なる点は、図23AのステップS1102における処理内容である。第7の実施形態では、ステップS1102において、Nc個の染色体をランダムに生成する。

[0371] なお、第7の実施形態においても、適切な受信電力を得ることができた場合、そのときの染色体を初期染色体として初期染色体テーブルに登録してもよいことは言うまでもない。この場合、制御部105は、図22の処理を開始するとき、新たに登録した初期染色体を用いて処理を実行すればよい。これにより、制御部105による処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0372] (第8の実施形態)

第8の実施形態において、携帯無線装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるので、図1を援用することとする。また、整合回路は、第3の実施形態と同様であるので、図35を援用することとする。

[0373] 第8の実施形態における制御部105の動作は、最初にNc個の染色体を生成する手順以外は、第6の実施形態に係る制御部105の動作と同様であるので、図39、図40、図42～図44を援用することとする。第6の実施形態では、使用状態において整合が取れていると予想される染色体を用いることとしたが、第8の実施形態では、使用状態において整合が取れていると予想される染色体を用いない点異なる。

[0374] 以下、第6の実施形態と異なる点を中心に、第8の実施形態に係る制御部105の動作について説明する。

[0375] 第6の実施形態と第8の実施形態とが異なる点は、図40のステップS2502において、Nc個の染色体を生成するにあたり、使用状態初期染色体テーブルを用いるか否かである。第8の実施形態では、ステップS2502において、Nc個の染色体を生成する際、使用状態初期染色体テーブルは用いずに、Nc個の染色体を全てランダムに生成する。具体的には、第8の実施形態におけるステップS2502での処理は、図23におけるステップS1102の処理に置き換わる。図23におけるステップS1102の処理を実行することによって、制御部105は、Nc個の染色体をランダムに生成し、記憶部106に格納することとなる。その他の処理については、第6の実施形態と同様である。

[0376] このように第8の実施形態では、初期染色体テーブルが用いられないので、アンテナがおかれる様々な環境に対する整合パラメータを予備知識として記憶しておかなくてもよいので、メモリ容量が削減できる。

[0377] なお、第8の実施形態においても、適切な受信電力を得ることができた場合、そのときの染色体を初期染色体として初期染色体テーブルに登録してもよいことは言うまでもない。この場合、制御部105は、図39の処理を開始するとき、新たに登録した初期染色体を用いて処理を実行すればよい。これにより、制御部105による処理が繰り返して実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0378] (第9の実施形態)

第9の実施形態に係る携帯無線装置は、二つ以上のアンテナを備えた携帯無線装

置であって、ダイバーシチおよびインピーダンス適応整合を行うことができる。

- [0379] 図45は、第9の実施形態に係る携帯無線装置5の構成を示すブロック図である。図45において、携帯無線装置5は、第1～第nのアンテナ501(#1)～501(#n)と、第1～第nの整合回路502(#1)～502(#n)と、スイッチ回路507と、信号強度検出部503と、信号処理部504と、制御部505と、記憶部506とを備える。
- [0380] 第1～第nの整合回路502(#1)～502(#n)は、制御部505からの指示に応じてインピーダンスを変化させることができる回路である。たとえば、第1～第nの整合回路502(#1)～502(#n)は、図2に示す整合回路102や、図35に示す整合回路400である。
- [0381] スwitch回路507は、制御部505からの指示に応じて、第1～第nの整合回路502(#1)～502(#n)の内のいずれか一つの整合回路と信号強度検出部503とが電氣的に接続されるようにスイッチングする。
- [0382] 信号強度検出503は、いずれか一つのアンテナ501といずれか一つの整合回路502とスイッチ回路507とを介して送られてくる受信信号を信号処理部504に送ると共に、受信電力を検出して制御部505に送る。第1の実施形態と同様、求められる受信電力は、平均値である。
- [0383] 信号処理部504は、送られてくる受信信号を処理する。
- [0384] 制御部505は、最も高い受信電力を得ることができるアンテナからの信号を信号処理部504に送るために、スイッチ回路507を制御する。制御部505は、スイッチ回路507を介して、信号強度検出部503に対して電氣的に接続されている整合回路502のインピーダンスを制御する。
- [0385] 記憶部506は、制御部505によるインピーダンス制御に必要な情報を格納する。
- [0386] 図46は、第9の実施形態に係る制御部505の動作を示すフローチャートである。図46に示す処理は、受信電力が低下したときや、受信電力が所定のしきい値以下となったことをトリガーとして開始する。まず、制御部505は、最も高い受信電力を得ることができるアンテナ501を選択するように、スイッチ回路507を制御する(ステップS3001)。次に、制御部505は、選択したアンテナ501に接続される整合回路502のインピーダンスを調整し(ステップS3002)、処理を終了する。ステップS3002における処



理は、第1～第8の実施形態で示したインピーダンスの制御処理のいずれかである。

[0387] このように、第9の実施形態では、適切な受信電力を得ることができるアンテナが選択され、さらに、選択されたアンテナと整合するためのインピーダンスが制御部によって、調整される。したがって、インピーダンス整合のための時間が短縮されることとなる。

[0388] なお、第9の実施形態では、ステップS3002の動作が終了し、インピーダンスを適応的に整合させた後、アンテナ環境が変化して受信電力が劣化すれば、制御部505は、再び、ステップS3001の動作を開始し、アンテナを切り替え、インピーダンスを適応的に整合させることとなる。しかし、制御部505は、ステップS3002においてインピーダンスを制御している間であっても、アンテナを切り替えるようにしてもよい。たとえば、制御部505は、ステップS3002の最中に、定期的にアンテナを切り替えて、受信電力が高いアンテナを調べるようにしてもよい。もし、受信電力が高いアンテナが見つければ、制御部505は、ステップS3001の動作に戻って、新たなアンテナに切り替えて、ステップS3002において新たなアンテナに対応する整合回路のインピーダンスを制御するようにするとよい。

[0389] なお、第9の実施形態では、アンテナ毎に異なる整合回路を設けることとしたが、共通の整合回路を用いることとしてもよい。この場合、スイッチ回路は、アンテナと共通の整合回路との間に設けられるとよい。これにより、実装面積が削減されることとなる。

[0390] なお、第1～第9の実施形態における処理は、可能な限り、様々に組み合わせることができ、処理の組み合わせの例は、上記の例に限られるものではない。

[0391] (第10の実施形態)

第1～第9の実施形態では、受信側のインピーダンス整合について説明した。本発明のインピーダンス整合方法は、送信側のインピーダンス整合についても用いられる。第10の実施形態では、送信側のインピーダンス整合について説明する。

[0392] 図47Aは、第10の実施形態に係る携帯無線装置6の構成を示すブロック図である。図47Aにおいて、携帯無線装置6は、アンテナ601と、整合回路602と、反射電圧検出器603と、信号処理部604と、制御部605と、記憶部606とを備える。

[0393] 信号処理部604で生成された送信信号は、反射電圧検出器603および整合回路



602を介して、アンテナ601から放射される。反射電圧検出器603は、送信信号の反射電圧を検出し、検出した反射電圧を制御部605に伝える。整合回路602は、制御部605からの指示に応じて、インピーダンスを変化させることができる回路である。たとえば、整合回路602は、図2に示す整合回路102や、図35に示す整合回路400である。記憶部606は、制御部605によるインピーダンス制御に必要な情報を格納する。

[0394] 制御部605は、反射電圧検出器603から与えられる反射電圧に応じて、反射電圧がより小さくなるように、整合回路400のインピーダンスを制御する。インピーダンスの制御方法は、第1～第8の実施形態のいずれかに準ずる。

[0395] 具体的には、制御部605は、第1～第8の実施形態において受信電力を格納するステップ(S204, S211, S212, S221, S305, S406, S801, S806, S807, S1208, S1407, S2301, S2302, S2602, S2608, S2708)では、反射電圧を格納する。

[0396] 制御部605は、第1～第8の実施形態において受信電力を取得するステップ(S209, S219, S304, S804, S904, S910, S919, S925, S1206, S1802, S1808, S2002, S2008, S2302, S2608, S2706, S2902, S2904)では、反射電圧を取得する。

[0397] 制御部605は、第1～第8の実施形態において受信電力が適切であるか否かを判断するステップ(S210, S220, S805, S905, S911, S920, S926, S1207, S1803, S1809, S2003, S2009, S2303, S2307, S2607, S2707, S2905)では、反射電圧が適切であるか否かを判断する。制御部605は、取得した反射電圧が、インピーダンスが変化する前に整合していた整合時の反射電圧以上である場合、反射電圧が適切であると判断する。その他、制御部605は、取得した反射電圧がインピーダンスが変化したときの反射電圧よりも所定の量以上大きい場合、取得した反射電圧は適切であると判断する。また、制御部605は、取得した反射電圧がある所定のしきい値よりも大きい場合、反射電圧は適切であると判断してもよい。反射電圧の判断基準は、上記の判断基準に限定されるものではない。

[0398] 制御部605は、第1～第8の実施形態において最も大きい受信電力を用いるステッ

プ(S214, S302, S702, S1110, S1111, S1301, S1304, 1305, S1402, S2210, S2211, S2305, S2510, S2511, S2801, S2804, S2805)では、最も小さい反射電圧が用いられる。

[0399] 制御部605は、第1～第8の実施形態において受信電力を比較するステップ(S906, S912, S921, S927, S1804, S1810, S2004, S2010, S2308, S2906)では、反射電圧が小さい方がインピーダンスの整合が取れているとして、分岐判断を実行する。

[0400] その他、制御部605は、第1～第8の実施形態において受信電力を用いるステップでは、反射電圧を用いることとする。

[0401] 反射電圧が小さいほど、インピーダンスの整合がとれていることを示しているので、染色体の自然淘汰の差異に利用される選択確率 $p(i)$ は、(式7)のようになる。

[数7]

$$p(j) = \frac{\frac{1}{\text{RSSI}(j)}}{\sum_{i=0}^{N_c} \frac{1}{\text{RSSI}(i)}} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式7})$$

(式7)で示す選択確率 $p(i)$ を用いることによって、反射電圧が小さい染色体が優先的に選択されることとなる。

[0402] なお、携帯無線装置6は、反射電圧検出部603の代わりに、VSWR(Voltage Standing Wave Ratio:電圧定在波比)検出器を備えてもよい。この場合、制御部605は、VSWRが小さくなるように、第1～第8の実施形態に準ずる制御を実行する。

[0403] このように、第10の実施形態では、第1～第8の実施形態に準じて、インピーダンスの整合が実行されるので、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができ、かつ不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した送信電力を得ることができる携帯無線装置が提供されることとなる。

[0404] なお、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置であっても、本発明が適用可

能であることは、言うまでもない。図47Bおよび図47Cは、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置7, 8の構成を示すブロック図である。

[0405] 図47Bにおいて、携帯無線装置7は、アンテナ701と、整合回路702と、整合性検出部703と、信号処理部704と、制御部705と、記憶部706と、共用器707とを備える。信号処理部704は、送信部704aと、受信部704bとを含む。携帯無線装置7において、整合性検出部703は、送信信号の反射電力または受信信号の受信電圧、すなわち、インピーダンスの整合度合いを示す情報を検出し、制御部705に伝える。無線信号の受信時、制御部705は、第1～第8の実施形態に示すいずれかの処理を実行して、整合回路702のインピーダンスを調整する。無線信号の送信時、制御部705は、図47Aに示した制御部605と同様に動作して、整合回路702のインピーダンスを調整する。これによって、信号処理部704とアンテナ701との間のインピーダンス整合が得られる。

[0406] 図47Cにおいて、携帯無線装置8は、アンテナ801と、整合回路802と、整合性検出部803と、信号処理部804と、制御部805と、記憶部806とを備える。信号処理部804は、送信部804aと、受信部804bとを含む。整合性検出部803は、インピーダンスの整合度合いを示す情報を検出する機能有し、たとえば、反射電圧検出部803aと、信号強度検出部803bとを含む。反射電圧検出部803aは、送信信号の反射電圧を検出して、制御部805に伝える。信号強度検出部803bは、受信信号の受信電力を検出して、制御部805に伝える。整合回路802は、送信側整合回路802aと、受信側整合回路802bとを含む。送信側整合回路802aは、可変な負荷を有し、送信部804aとアンテナ801との間のインピーダンス整合をとる。受信側整合回路802bは、可変な負荷を有し、受信部804aとアンテナ801との間のインピーダンス整合をとる。無線信号の受信時、制御部805は、第1～第8の実施形態に示すいずれかの処理を実行して、整合回路802bのインピーダンスを調整する。無線信号の送信時、制御部805は、図47Aに示した制御部605と同様に動作して、整合回路802aのインピーダンスを調整する。これによって、整合回路802は、信号処理部804とアンテナ801との間のインピーダンス整合をとる。

[0407] なお、上記実施形態においても、携帯無線装置は、第9の実施形態と同様、ダイバ

一シチ構成を有していてもよい。送信時、制御部は、反射電圧が小さくなるアンテナを選択するとよい。

[0408] (第11の実施形態)

図48は、本発明の第11の実施形態に係る携帯無線装置9の構成を示すブロック図である。図48において、携帯無線装置9は、アンテナ101と、整合回路102と、信号強度検出部103と、信号処理部104aと、制御部105aと、記憶部106aとを備える。

[0409] アンテナ101によって受信された信号は、整合回路102および信号強度検出部103を介して、信号処理部104aに送られ、信号処理される。整合回路102は、可変な負荷値を有している。信号強度検出部103は、受信信号の電力(受信電力)を検出し、検出した受信電力を制御部105aに伝える。信号処理部104aは、アンテナ101によって受信された信号を信号処理すると共に、使用する機能(例えば、携帯電話機能、デジタルテレビ(DTV)、無線LAN)が何であるかを制御部105aに伝える。制御部105aは、受信電力をより大きくするために、使用する機能に合わせて、整合回路102の負荷値を制御する。制御部105aは、専用のマイクロプロセッサによって実現されてもよいし、記憶部106aに格納されているプログラムを読み込んで実行することができる汎用のCPUによって実現されてもよい。記憶部106aは、携帯無線装置9の使用状態に対応させて、整合回路102の負荷値に関する情報を初期負荷値情報として記憶している。

[0410] 整合回路102のブロック構成は、第1の実施形態と同様であるので、図2を援用する。

序には訂正提出しています

[0411] 第11の実施形態において、記憶部106aは、携帯無線装置9の典型的な使用状態において、インピーダンスが整合していると予想されるバラクタ電圧を、初期負荷値情報として典型的な使用状態と対応させて予め記憶している。以下、初期負荷値情報と典型的な使用状態とを対応させたテーブルを使用状態初期負荷値テーブルという。第11の実施形態において、使用状態初期負荷値テーブルを表す配列は、携帯電話機能用がA(i)、DTV用がAD(i)、無線LAN用がAW(i)であるとする(iは整数)。



- [0412] 第11の実施形態では、より最適にインピーダンス整合をとることができるバラクタ電圧206, 207を決定していく。
- [0413] 図49は、携帯電話機能用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。携帯無線装置9の典型的な使用状態として、たとえば、携帯電話が人体から離れて自由空間中に存在するときの状態、携帯電話が通話中で使用されるときの状態、携帯電話のメール機能を使用するときの状態がある。図49では、これらの使用状態と対応させて、初期負荷値A(1), A(2), A(3)が定義されている。
- [0414] 図50は、DTV用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。携帯無線装置9の典型的な使用状態として、たとえば、携帯電話が人体から離れて自由空間中に存在するときの状態、携帯電話が片手持ちで使用されるときの状態、携帯電話が両手持ちで使用されるときの状態、携帯電話が机の上に置かれて使用されるときの状態がある。図50では、これらの使用状態と対応させて、初期負荷値AD(1), AD(2), AD(3)が定義されている。
- [0415] 図51は、無線LAN用の使用状態初期負荷値テーブルの一例を示す図である。携帯無線装置9の典型的な使用状態として、たとえば、携帯電話が人体から離れて自由空間中に存在するときの状態、携帯電話が片手持ちで使用されるときの状態、携帯電話が両手持ちで使用されるときの状態がある。図51では、これらの使用状態と対応させて、初期負荷値AW(1), AW(2), AW(3)が定義されている。
- [0416] 記憶部106aは、整合回路102を制御するために用いた負荷値に対応させて、当該負荷値を用いたときの受信電力を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを負荷値受信電力テーブルという。負荷値受信電力テーブルを表す配列は、携帯電話機能用はB(i)、DTV用はBD(i)、無線LAN用はBW(i)であるとする。
- [0417] 記憶部106aは、自然淘汰後の負荷値に対応させて、当該負荷値を用いたときの受信電力を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを自然淘汰後負荷値受信電力テーブルという。自然淘汰後負荷値受信電力テーブルを表す配列は、携帯電話機能用はC(i)、DTV用はCD(i)、無線LAN用はCW(i)であるとする。



- [0418] 記憶部106aは、交叉後の負荷値を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを交叉後負荷値テーブルという。交叉後負荷値テーブルを表す配列は、携帯電話機能用はD(i)、DTV用はDD(i)、無線LAN用はDW(i)であるとする。
- [0419] 記憶部106aは、突然変異後の負荷値を記憶しておくための書き込み可能な領域を持っている。当該領域に記憶されるテーブルを突然変異後負荷値テーブルという。突然変異後負荷値テーブルを表す配列は、携帯電話機能用はE(i)、DTV用はED(i)、無線LAN用はEW(i)であるとする。
- [0420] なお、上記テーブルを記憶するための領域は、一部が重複していてもよいし、重複した領域で上書きされてもよい。また、各テーブルは、世代毎に上書きされてもよいし、世代毎に新たに作成されてもよい。
- [0421] 負荷値A「バラクタ電圧206:1.7V、バラクタ電圧207:2.3V」と負荷値B「バラクタ電圧206:1.5V、バラクタ電圧207:1.0V」とを交叉させる場合を例にとって、交叉の方法について説明する。
- [0422] 負荷値Aと負荷値Bとの交叉により生成される負荷値をAx、Bxとする。(式8)のように負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧206の差L1を求める。
- $$L1 = |1.7 - 1.5| \quad \dots (式8)$$
- [0423] (式9)のように負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧207の差L2を求める。
- $$L2 = |2.3 - 1.0| \quad \dots (式9)$$
- [0424] 負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧206の小さい方に(式10)のように差L1の2分の1を加算し、その値を負荷値Axのバラクタ電圧206とする。
- $$\text{負荷値Axのバラクタ電圧206} = 1.5 + (L1) / 2 \quad \dots (式10)$$
- [0425] 負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧206の小さい方に(式11)のように差L1の4分の1を加算し、その値を負荷値Bxのバラクタ電圧206とする。
- $$\text{負荷値Bxのバラクタ電圧206} = 1.5 + (L1) / 4 \quad \dots (式11)$$
- [0426] 負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧207の小さい方に(式12)のように差L2の2分の1を加算し、その値を負荷値Axのバラクタ電圧207とする。
- $$\text{負荷値Axのバラクタ電圧207} = 1.0 + (L2) / 2 \quad \dots (式12)$$

[0427] 負荷値Aと負荷値Bとのバラクタ電圧207の小さい方に(式13)のように差L2の4分の1を加算し、その値を負荷値Bxのバラクタ電圧207とする。

$$\text{負荷値Bxのバラクタ電圧207} = 1.0 + (L2) / 4 \cdots (\text{式13})$$

ただし、小数点第三位以下は四捨五入する。

[0428] 負荷値Ax「バラクタ電圧206:1.6V、バラクタ電圧207:1.65V」を例にとって、突然変異の方法について説明する。負荷値Axの突然変異により生成される負荷値をAxxとする。負荷値Axのバラクタ電圧206および207をランダムに変化させ、負荷値Axxを生成する。

[0429] 次に、第11の実施形態に係る携帯無線装置9の動作を説明する。

[0430] まず、前提として、信号強度検出部103は、常時、受信電力を検出し、検出した受信電力を制御部105aに常時伝えるものとする。制御部105aは、信号強度検出部103から伝えられる受信電力を平均化する。以下、単に受信電力といった場合、制御部105aが平均化した受信電力のことをいう。

[0431] また、信号処理部104aは使用する機能が変更されたとき、その情報を制御部105aに伝えるものとする。

[0432] たとえば、当初、携帯無線装置9が通話で使用されていて、アンテナ101と信号処理部104aとが自由空間中で整合しているものとする。そのときの受信電力を整合時受信電力RSSIAとする。その後、携帯無線装置9が無線LAN用に使用され、かつ、アンテナ101が人体に近接し、受信電力が整合時受信電力RSSIAからRSSIB(以下、変化時受信電力RSSIBという)に変化して小さくなったとする。

[0433] 制御部105aは、信号強度検出部103から伝えられる受信電力が小さくなったか否かを常時判断している。上述のように、整合時受信電力RSSIAから変化時受信電力RSSIBに変化した場合、制御部105aは、受信電力をより大きくすることができるバラクタ電圧206, 207を取得し、取得した負荷値に基づいて、整合回路102を制御する。

[0434] 図52は、第11の実施形態に係る制御部105aの動作を示すフローチャートである。以下、図52を参照しながら、制御部105aの動作について説明する。図52に示す動作は、信号強度検出部103によって検出されている受信電力が小さくなったことをトリ

ガーにして開始する。なお、図52に示す動作は、信号強度検出部103によって検出されている受信電力がしきい値よりも小さくなったことをトリガーにして開始してもよい。また、ある一定幅以上受信電力が小さくなった場合に図52に示す動作が開始されてもよい。

[0435] まず、制御部105aは、一世代目のステップS3101において、記憶部106aに記憶されている無線LAN用の使用状態初期負荷値テーブルを参照して、使用状態初期負荷値テーブルで定義されている負荷値を全て用いて、整合回路102を制御し、適切な受信電力を得ることができる負荷値が存在するか否かを判断する。制御部105aは、無線LAN用の使用状態初期負荷値テーブルに定義されている負荷値を全て用いる際、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた負荷値とを対応付けて、記憶部106aに格納する。適切な負荷値が存在する場合、制御部105aは、処理を終了する。一方、適切な負荷値が存在しない場合、制御部105aは、ステップS3102以降の動作に進む。ステップS3101における処理は、負荷値の評価および制御を実行するか否かを判断するための処理であるので、負荷値評価・制御実行判断処理という。

[0436] 次に、制御部105aは、ステップS3102において、ステップS3101で最も高い評価（受信電力）を得た負荷値に対応するバイアス電圧を整合回路102に印加し、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた負荷値とを対応付けて、記憶部106aに格納する。

[0437] ステップS3101およびS3102の動作によって、無線LAN用の負荷値受信電力テーブルが完成する。図53は、無線LAN用の負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。図53に示すように、負荷値受信電力テーブルでは、負荷値と受信電力とが対応付けて登録されている。図53に示す負荷値受信電力テーブルは、第一世代目に作成されたテーブルである。負荷値BW(2), BW(3), BW(4)は、ステップS3101で登録された負荷値であるので、初期負荷値AW(1), AW(2), AW(3)と同じである。負荷値BW(1)は、ステップS3102で登録された負荷値であり、初期負荷値AW(1), AW(2), AW(3)の中で、最も高い受信電力を得ることができた負荷値となっている。ここでは、負荷値BW(1)は、初期負荷値AW(1)と同じであるとしてい

る。したがって、受信電力RSSI1とRSSI2とは、同じ値である。負荷値BW(i)に対応する受信電力は、RSSI(i)であるとする。

[0438] ステップS3102において、最も受信電力が高い負荷値を用いて整合回路を制御する理由は、とりあえず、現段階で最も高い受信電力を得るためである。また、ステップS3102において、最も受信電力が高い負荷値が記憶部106aに格納される理由は、制御の際に優越な負荷値が選択される確率を上げるためである。

[0439] 次に、制御部105aは、ステップS3103において、負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値の中から、ある程度評価が高いと思われる負荷値を選択することによって、負荷値を自然淘汰する。制御部105aは、自然淘汰後の負荷値とそれを用いたときの受信電力とを記憶部106aに格納し、無線LAN用の自然淘汰後負荷値受信電力テーブルを作成する。

[0440] 図54は、無線LAN用の自然淘汰後負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。図53と図54とを比較すると分かるように、ステップS3103における自然淘汰によって、負荷値受信電力テーブルにおける負荷値BW(1), BW(4)が一回選択され、負荷値BW(2)が二回選択され、負荷値CW(1), CW(2), CW(3), CW(4)が自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている。

[0441] 次に、制御部105aは、ステップS3104において、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値を交叉し、交叉後の負荷値を交叉後負荷値テーブルとして登録する。

[0442] 図55は、交叉後負荷値テーブルの一例を示す図である。図54と図55とを比較すると分かるように、ステップS3104における交叉によって、負荷値CW(3)と染色体CW(4)とが交叉され、負荷値DW(3)と負荷値DW(4)とが交叉後負荷値テーブルに登録されている。なお、負荷値CW(1)と負荷値CW(2)とは、交叉されずに、そのまま、負荷値DW(1), DW(2)として、交叉後負荷値テーブルに登録されている。

[0443] 次に、制御部105aは、ステップS3105において、交叉後負荷値テーブルに登録されている負荷値を突然変異させ、突然変異後の負荷値を突然変異後負荷値テーブルとして登録する。

[0444] 図56は、突然変異後負荷値テーブルの一例を示す図である。図55と図56とを比



較すると分かるように、ステップS3105における突然変異によって、負荷値DW(1)が突然変異して、負荷値EW(1)として登録されている。なお、負荷値DW(2)、DW(3)、DW(4)は、突然変異せずに、そのまま、負荷値EW(2)、EW(3)、EW(4)として登録されている。

[0445] ステップS3105の後、制御部105aは、ステップS3101の動作に戻り、第二世代目以降の処理を実行する。第二世代目以降の処理では、制御部105aは、ステップS3101において、使用状態初期負荷値テーブルに登録されている負荷値を用いるのではなく、ステップS3105で得た突然変異後負荷値テーブルに登録されている負荷値を全て用いて、整合回路102を制御し、適切な受信電力を得ることができる負荷値が存在するか否かを判断する。第二世代目以降のステップS3102においても、制御部105aは、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた負荷値とを対応付けて、記憶部106aに格納する。適切な負荷値が存在する場合、制御部105aは、処理を終了する。一方、適切な負荷値が存在しない場合、制御部105aは、ステップS3102の動作に進む。

[0446] 第二世代目以降のステップS3102において、制御部105aは、ステップS3101で最も高い評価を得た負荷値に対応するバイアス電圧を整合回路102に印加し、信号強度検出部103から得られる受信電力と用いた負荷値とを対応付けて、記憶部106aに格納する。

[0447] ステップS3101およびS3102の動作によって、第二世代目以降の負荷値受信電力テーブルが完成する。図57は、第二世代目以降の負荷値受信電力テーブルの一例を示す図である。図57に示すように、負荷値BW(2)、BW(3)、BW(4)、BW(5)は、ステップS3101で登録された負荷値であり、突然変異後負荷値テーブルにおける負荷値EW(1)、EW(2)、EW(3)、EW(4)と同じである。負荷値BW(1)は、ステップS3102で登録された負荷値であり、負荷値EW(1)、EW(2)、EW(3)、EW(4)の中で、最も高い受信電力を得ることができた負荷値となっている。ここでは、負荷値BW(1)は、負荷値EW(3)および負荷値BW(4)と同じであるとしている。したがって、受信電力RSSI5とRSSI8とは、同じ値である。

[0448] 次に、第二世代目以降のステップS3103において、制御部105aは、負荷値受信

電力テーブルに登録されている負荷値を自然淘汰し、ある程度評価が高いと思われる負荷値を選択し、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルを生成する。選択する負荷値の数は、第一世代と同じであっても良いし、異なっても良い。

[0449] 次に、第二世代目以降のステップS3104において、制御部105aは、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値を交叉し、交叉後の負荷値を交叉後負荷値テーブルに登録する。

[0450] 次に、第二世代目以降のステップS3105において、制御部105aは、交叉後負荷値テーブルに登録されている負荷値を突然変異させ、突然変異後の負荷値を突然変異後負荷値テーブルに登録する。

[0451] その後、制御部105aは、ステップS3101の動作に戻り、突然変異後負荷値テーブルに登録されている負荷値を用いて、受信電力を評価し、適切な負荷値が存在すれば、処理を終了し、適切な負荷値が存在しなければ、次の世代の負荷値を生成する動作を繰り返す。当該適切な負荷値は、整合回路102によってインピーダンス整合が得られる負荷値に関する情報であるので、整合負荷値情報という。ステップS3101において、制御部105aは、所定の世代数を超えていると判断した場合、現在得られている負荷値の中で、最も評価の高い負荷値を用いて整合回路102を制御し、処理を終了する。

[0452] 図58は、ステップS3101における制御部105aの動作の詳細を示すフローチャートである。以下、図58を参照しながら、ステップS3101における制御部105aの動作について説明する。

[0453] まず、制御部105aは、負荷値が第一世代であるか否かを判断する(ステップS3201)。なお、世代数は、負荷値が世代交代する毎に、記憶部106aに記憶させることによって、管理されている。

[0454] 負荷値が第一世代である場合、制御部105aは、 $i=1$ と初期設定する(ステップS3202)。負荷値が第一世代でない場合、制御部105aは、ステップS3212の動作に進む。

[0455] ステップS3202の後、制御部105aは、整合回路102に対して現在与えているバラクタ電圧を負荷値BW(1)とする(ステップS3203)。次に、制御部105aは、負荷値B

W(1)を用いたときの受信電力を信号強度検出部103から得て、負荷値BW(1)と対応させて負荷値受信電力テーブルに登録する(ステップS3204)。なお、ステップS3204において、負荷値受信電力テーブルに負荷値と受信電力とを新たに登録する場合、制御部105aは、古い負荷値受信電力テーブルをそれに先立ってクリアしておくものとする。ただし、世代数が分かるように負荷値受信電力テーブルが管理されるのであれば、ステップS3204において、負荷値受信電力テーブルをクリアする必要はない。

[0456] 次に、制御部105aは、 $i$ を1増加させ(ステップS3205)、記憶部106a内の使用状態初期負荷値テーブルから、初期負荷値AW( $i-1$ )を取得する(ステップS3206)。

[0457] 次に、制御部105aは、取得した初期負荷値AW( $i-1$ )をもとにバラクタ電圧を整合回路102に印加する(ステップS3207)。

[0458] 次に、制御部105aは、信号強度検出部103から受信電力を取得し(ステップS3208)、取得した受信電力が適切な受信電力であるか否かを判断する(ステップS3209)。

[0459] ステップS3209において、たとえば、制御部105aは、ステップS3208で取得した受信電力が整合時受信電力RSSIA以上である場合、ステップS3208で取得した受信電力は適切であると判断する。その他、制御部105aは、以下のような判断基準を用いて、ステップS3208で取得した受信電力が適切であるか否かを判断してもよい。たとえば、制御部105aは、ステップS3208で取得した受信電力が変化時受信電力RSSIAよりも所定の量以上大きい場合、ステップS3208で取得した受信電力は適切であると判断してもよい。また、制御部105aは、ステップS3208で取得した受信電力がある所定のしきい値よりも大きい場合、ステップS3208で取得した受信電力は適切であると判断してもよい。ステップS3209における判断基準は、上記の判断基準に限定されるものではない。

[0460] ステップS3209において、受信電力が適切であると判断した場合、制御部105aは、処理を終了して、当該受信電力を得られるバラクタ電圧を整合回路102に印加するのを継続する。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105aは、ステップS3210の動作に進む。

- [0461] ステップS3210において、制御部105aは、初期負荷値 $AW(i-1)$ を負荷値 $BW(i)$ として、初期負荷値 $AW(i-1)$ に対応する受信電力と共に、記憶部106aに格納し、負荷値受信電力テーブルに登録する。
- [0462] ステップS3210の後、制御部105aは、全ての初期負荷値 $AW(i-1)$ について、受信電力を格納したか否かを判断する。格納していない場合、制御部105aは、ステップS3205の動作に戻る。記憶している場合、制御部105aは、ステップS3102の動作に進む。これによって、第一世代において、ステップS3101の動作が開始した当初のバラクタ電圧を負荷値 $BW(1)$ として登録され、全ての初期負荷値 $AW(i)$ が負荷値 $BW(i+1)$ として受信電力と対応付けられて登録される。
- [0463] ステップS3206～S3211において、制御部105aは、記憶装置106aに記憶されている初期負荷値を評価して、インピーダンス整合が得られる初期負荷値が存在すれば、当該初期負荷値を整合回路102が有するように、整合回路102に当該初期負荷値に対応するバラクタ電圧を印加する。S3206～S3211の処理を、初期制御処理という。
- [0464] ステップS3212において、制御部105aは、世代数の上限を超えているか否かを判断する。世代数の上限を超えている場合、制御部105aは、負荷値受信電力テーブルを参照して、最も大きな受信電力を得ている負荷値を利用して整合回路102を制御するようにして(ステップS3213)、処理を終了する。なお、ステップS3102において、制御部105aは、最も高い評価の負荷値を用いて整合回路102を制御しているので、ステップS3213の動作は必須ではない。
- [0465] 一方、ステップS3212において、世代数の上限を超えていない場合、制御部105aは、ステップS3214の動作に進んで、 $i=1$ と初期設定する。
- [0466] ステップS3214の後、制御部105aは、記憶部106aに記憶されている突然変異後負荷値テーブルを参照して、負荷値 $EW(i)$ を取得する(ステップS3215)。次に、制御部105aは、負荷値 $EW(i)$ をもとに整合回路102に当該バラクタ電圧を印加する(ステップS3216)。
- [0467] 次に、制御部105aは、信号強度検出部103から受信電力を取得し(ステップS3217)、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(ステップS3218)。ステップS



3218における具体的判断基準は、ステップS3209と同様である。受信電力が適切である場合、制御部105aは、当該受信電力を得られるバラクタ電圧を整合回路102に印加する。適切な受信電力を得ることができるバラクタ電圧は、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値に関する情報であるので、整合負荷値情報という。一方、受信電力が適切でないと判断した場合、制御部105aは、ステップS3219の動作に進む。

[0468] ステップS3219において、制御部105aは、負荷値EW(i)を負荷値BW(i+1)とし、対応する受信電力を記憶部106aに記憶させて、負荷値受信電力テーブルに登録する。次に、制御部105aは、全ての負荷値EW(i)について受信電力を記憶したか否かを判断する(ステップS3220)。全ての負荷値EW(i)について受信電力を記憶した場合、制御部105aは、ステップS3102に動作に進む。

[0469] 一方、全ての負荷値EW(i)について受信電力を記憶していない場合、制御部105aは、iを1増加させて(ステップS3221)、ステップS3215の動作に戻る。これによって、第二世代目以降において、突然変異後負荷値テーブルに登録されている負荷値EW(i)が負荷値BW(i+1)として受信電力と対応つけられて登録される。なお、ステップS3219において、負荷値受信電力テーブルに負荷値と受信電力とを新たに登録する場合、制御部105aは、古い負荷値受信電力テーブルをそれに先立ってクリアしておくものとする。ただし、世代数が分かるように負荷値受信電力テーブルが管理されるのであれば、ステップS3219において、負荷値受信電力テーブルをクリアする必要はない。

[0470] 図59は、図52におけるステップS3102での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図59を参照しながら、図52におけるステップS3102での制御部105aの詳細な動作について説明する。

[0471] まず、制御部105aは、負荷値受信電力テーブルを参照する(ステップS3301)。次に、制御部105aは、負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値の中で最も受信電力の高い負荷値を選択する(ステップS3302)。次に、制御部105aは、選択した負荷値を用いて整合回路を制御し(ステップS3303)、受信電力を取得する(ステップS3304)。次に、制御部105aは、選択した負荷値を負荷値BW(1)として、当

該受信電力と対応させて、負荷値受信電力テーブルに登録し(ステップS3305)、ステップS3103の動作に進む。これにより、ステップS3101で生成された負荷値受信電力テーブルに含まれる負荷値の中で、最も受信電力が高い負荷値が必ず、負荷値BW(1)として登録されることとなる。

[0472] なお、第一世代において、ステップS3101の段階では、負荷値BW(1)は、ステップS3101がスタートした時点の負荷値と対応する受信電力であった。また、第二世代以降において、ステップS3101の段階では、負荷値BW(1)は、空となっていた。

[0473] 図60は、図52におけるステップS3103での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図60を参照しながら、図52におけるステップS3103での制御部105aの詳細な動作について説明する。

[0474] まず、制御部105aは、 $N=0$ として初期設定する(ステップS3401)。ここで、 $N$ は、自然淘汰によっていくつの負荷値が選ばれてかをカウントするための値である。

[0475] 次に、制御部105aは、 $N$ を1増加させ(ステップS3402)、負荷値受信電力テーブルにおける全ての負荷値BW(i)に対して、上述した(式1)で示す選択確率 $p(j)$ を割り当てる(ステップS3403)。これにより、たとえば、負荷値BW(1)に対して、選択確率 $q(1)$ が割り当てられ、負荷値BW(2)に対して、選択確率 $q(2)$ が割り当てられることとなる。

[0476] (式1)に示すように、受信電力が高い程、選択確率(適応度)が高くなる。

[0477] 次に、制御部105aは、負荷値受信電力テーブルにおける全ての負荷値BW(i)に対して、上述した(式2)で示す累積確率 $q(i)$ を割り当てる(ステップS3404)。これにより、たとえば、負荷値BW(1)に対して、累積確率 $q(1)$ が割り当てられ、負荷値BW(2)に対して、累積確率 $q(2)$ が割り当てられることとなる。

[0478] (式1)および(式2)を用いることによって、受信電力が高い負荷値が選択される確率が上がる。

[0479] 次に、制御部105aは、乱数 $r$  ( $0 < r < 1$ )を発生する(ステップS3405)。

[0480] 次に、制御部105aは、発生した乱数 $r$ について、上述した(式3)を満たす $i$ を求め、 $q(i+1)$ に対応する負荷値BW(i+1)を選択し、選択した負荷値BW(i+1)を負荷値CW(N)として、選択した負荷値BW(i+1)に対応する受信電力と共に、自然淘

汰後負荷値受信電力テーブルに登録する(ステップS3406)。

- [0481] 次に、制御部105aは、 $N=4$ であるか否かを判断する(ステップS3407)。なお、ここで、 $N=4$ は、自然淘汰によって選択される負荷値の上限数であり、当該上限数はこれに限られるものではない。但し、上限数を $N=4$ 以外にした場合、それに合わせて、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値の数が変わり、さらに、交叉後負荷値テーブル、および突然変異後負荷値テーブルに登録されている負荷値の数が変わるので、後述のステップS3506、および後述のステップS3605での判断基準も合わせて、登録されている負荷値の数に合わせて変わる。
- [0482] また、本実施の形態においては、携帯電話機能用に対しては $N=4$ 、DTV用に対しては $N=5$ である。
- [0483] ステップS3407において、 $N=4$ でないと判断した場合、制御部105aは、ステップS3402の動作に戻り、1増加させた $N$ について、負荷値 $CW(N)$ に登録する処理を実行する。一方、 $N=4$ であると判断した場合、制御部105aは、ステップS3104の動作に進む。これによって、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルが完成する。
- [0484] 図61は、図52におけるステップS3104での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図61を参照しながら、図52におけるステップS3104での制御部105aの詳細な動作について説明する。
- [0485] まず、制御部105aは、 $i=0$ として初期設定する(ステップS3501)。次に、制御部105aは、 $i$ を1増加させ(ステップS3502)、乱数 $r(i)$  ( $0 < r(i) < 1$ )を発生する(ステップS3503)。次に、制御部105aは、上述した(式4)を満たすか否かを判断する(ステップS3504)。
- [0486] (式4)を満たす場合、制御部105aは、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルの中から、 $i$ に対応する負荷値 $CW(i)$ を親として選択し(ステップS3505)、ステップS3506の動作に進む。一方、(式4)を満たさない場合、制御部105aは、親を選択せずに、そのままステップS3506の動作に進む。
- [0487] ステップS3506において、制御部105aは、 $i=4$ であるか否かを判断する。先述のように、 $i=4$ という条件は、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値の数に合わせて変更される条件である。

- [0488]  $i=4$ でない場合、制御部105aは、ステップS3502の動作に戻って、親の選択を継続する。一方、 $i=4$ である場合、制御部105aは、ステップS3507の動作に進む。
- [0489] ステップS3507において、制御部105aは、ステップS3505で選択された親の負荷値の中で、任意の二つの負荷値を選んで交叉を行う。制御部105aは、交叉後の負荷値および交叉を行わなかった負荷値を負荷値DW(i)として、交叉後負荷値テーブルに登録し、ステップS3105の動作へ進む。なお、ステップS3505で選択された親の負荷値が一つである場合、制御部105aは、親として選択したものの、交叉を行わない。また、ステップS3505で選択された親の負荷値が奇数個である場合、親として選択されたものの、交叉が行われない奇数個の負荷値が存在する。これによって、交叉後負荷値テーブルが完成する。
- [0490] 図62は、図52におけるステップS3105での制御部105aの詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図62を参照しながら、図52におけるステップS3105での制御部105aの動作の詳細について説明する。
- [0491] まず、制御部105aは、 $i=0$ として初期設定する(ステップS3601)。次に、制御部105aは、 $i$ を1増加させる(ステップS3602)。次に、制御部105aは、交叉後負荷値テーブル内の負荷値DW(i)について、突然変異させるか否かランダムに決定する。
- [0492] 突然変異させる場合、制御部105aは、突然変異を実行し、負荷値EW(i)として、突然変異後負荷値テーブルに登録する(ステップS3603)。
- [0493] その後、制御部105aは、 $i=4$ であるか否かを判断する(ステップS3604)。 $i=4$ でない場合、制御部105aは、ステップS3602の動作に戻って、残りの負荷値DW(i)についての突然変異を実行する。一方、 $i=4$ である場合、突然変異後負荷値テーブルが完成したこととなる。突然変異後負荷値テーブルは、次の世代の負荷値を示していることとなる。制御部105aは、ステップS3101の動作に戻り、次の世代の処理へと進む。なお、先述のように、 $i=4$ という条件は、自然淘汰後負荷値受信電力テーブルに登録されている負荷値の数に合わせて変更される条件である。
- [0494] 初期制御処理においてインピーダンス整合が得られる初期負荷値が存在しない場合、第二世代目以降のステップS3101～S3105において、制御部105aは、初期負荷値を進化させていき、インピーダンス整合が得られる整合回路102の負荷値を導



出し、導出した負荷値を有するように整合回路102を制御する。第二世代目以降のステップS3101～S3105の処理を整合負荷値導出処理という。

[0495]   たとえば、アンテナ101が自由空間中で整合している状態から、人体に近接した状態に変化した場合、適切な受信電力を得ることができるバラクタ電圧が算出され、インピーダンスが整合されることとなる。その後、アンテナ101が人体に近接した状態から、自由空間中での状態に変化した場合、制御部105aは、受信電力の変化を検出し、図52に示す処理を実行して、アンテナ101と信号処理部104aとの間のインピーダンス整合をとることができるバラクタ電圧を算出して、インピーダンスを整合させる。

[0496]   また、使用される機能が変更されたときも、適切な受信電力を得ることができるバラクタ電圧が算出され、各機能に対応してアンテナ101と信号処理部104aとの間のインピーダンスが整合されることとなる。

[0497]   このように、第1の実施形態では、受信電力の変化が検知された場合、使用される機能が変更された場合、制御部105aは、まず、各機能に対応する使用状態初期負荷値テーブルに格納されている負荷値を用いて、バラクタ電圧を整合回路102に印加する。適切な受信電力を得ることができる初期負荷値が存在していれば、制御部105aは、当該初期負荷値に対応するバラクタ電圧を整合回路102に印加して、インピーダンスを整合させる。一方、適切な受信電力を得ることができる初期負荷値が存在しない場合、制御部105aは、初期負荷値を進化させ、適切な負荷値を得るように動作する。初期負荷値の進化の際、制御部105aは、初期負荷値の中で、受信電力が高い負荷値を優先的に選択する。したがって、初期負荷値を適切な負荷値に短時間で進化させることができる。よって、インピーダンスの整合が迅速に実行されることとなる。これにより、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができるので、不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した受信電力を得ることができる携帯無線装置が提供されることとなる。

[0498]   また、携帯無線装置9は、使用状態に対応した負荷値のみを記憶しておくだけで、インピーダンスを適応的に整合させることができるので、記憶しておくべき情報を削減することができる。

[0499]   また、携帯無線装置9は、平均化された受信電力を用いるので、安定的な動作が可

能となる。

[0500] なお、制御部105aは、負荷値を進化させる過程において、適切な負荷値が見つかった場合、新たに見つかった負荷値を初期負荷値として使用状態初期負荷値テーブルに登録するようにしてもよい。具体的には、制御部105aは、図58のステップS3218および／またはS3213の後に、整合回路102の制御に用いた負荷値を初期負荷値として、記憶部106aに登録する。

[0501] 図63は、適切な負荷値が見つかった場合、当該負荷値を初期負荷値として初期負荷値テーブルに登録するようにしたときの図52におけるステップS3101の動作の詳細を示すフローチャートである。図63では、新たに初期負荷値を使用状態初期負荷値テーブルに登録するステップS3222が追加されている点が図58と異なる。なお、制御部105aは、第1世代におけるステップS3302で選択した負荷値の使用状態を新たに登録する初期負荷値の使用状態としてもよい。制御部105aは、次回実行される図52の処理において、新たに登録した初期負荷値も用いて、インピーダンスを整合するためのバラクタ電圧を決定していくとよい。これにより、負荷値の進化を繰り返していくことによって、携帯無線装置9を使用するユーザに適合した負荷値が初期負荷値として蓄積されていくこととなる。よって、制御部105aによる処理が繰り返し実行される程、インピーダンスの整合のための時間が短縮されていくこととなる。

[0502] なお、第11の実施形態で示したアルゴリズムは、あくまでも一例である。

[0503] (第12の実施形態)

第11の実施形態では、受信側のインピーダンス整合について説明した。本発明のインピーダンス整合方法は、送信側のインピーダンス整合についても用いられる。第12の実施形態では、送信側のインピーダンス整合について説明する。

[0504] 図64Aは、第12の実施形態に係る携帯無線装置10の構成を示すブロック図である。図64Aにおいて、携帯無線装置10は、アンテナ601と、整合回路602と、反射電圧検出器603と、信号処理部604aと、制御部605aと、記憶部606aとを備える。

[0505] 信号処理部604aで生成された送信信号は、反射電圧検出器603および整合回路602を介して、アンテナ601から放射される。反射電圧検出器603は、送信信号の反射電圧を検出し、検出した反射電圧を制御部605aに伝える。整合回路602は、制

御部605aからの指示に応じて、インピーダンスを変化させることができる回路である。たとえば、整合回路602は、図2に示す整合回路102である。記憶部606aは、制御部605aによるインピーダンス制御に必要な情報を格納する。

- [0506] 制御部605aは、反射電圧検出器603から与えられる反射電圧に応じて、反射電圧がより小さくなるように、整合回路102のインピーダンスを制御する。インピーダンスの制御方法は、第11の実施形態に準ずる。
- [0507] 具体的には、制御部605aは、第11の実施形態において受信電力を格納するステップ(S3204, S3210, S3219, S3305, S3406)では、反射電圧を格納する。
- [0508] 制御部605aは、第11の実施形態において受信電力を取得するステップ(S3208, S3217, S3304)では、反射電圧を取得する。
- [0509] 制御部605aは、第11の実施形態において受信電力が適切であるか否かを判断するステップ(S3209, S3218)では、反射電圧が適切であるか否かを判断する。制御部605aは、取得した反射電圧が、インピーダンスが変化する前に整合していた整合時の反射電圧以上である場合、反射電圧が適切であると判断する。その他、制御部605aは、取得した反射電圧がインピーダンスが変化したときの反射電圧よりも所定の量以上大きい場合、取得した反射電圧は適切であると判断する。また、制御部605aは、取得した反射電圧がある所定のしきい値よりも大きい場合、反射電圧は適切であると判断してもよい。反射電圧の判断基準は、上記の判断基準に限定されるものではない。
- [0510] 制御部605aは、第11の実施形態において最も大きい受信電力を用いるステップ(S3213, S3302)では、最も小さい反射電圧が用いられる。
- [0511] その他、制御部605aは、第11の実施形態において受信電力を用いるステップでは、反射電圧を用いることとする。
- [0512] 反射電圧が小さいほど、インピーダンスの整合がとれていることを示しているので、負荷値の自然淘汰の差異に利用される選択確率 $p(i)$ は、上述した(式7)のようになる。
- [0513] (式7)で示す選択確率 $p(i)$ を用いることによって、反射電圧が小さい負荷値が優先的に選択されることとなる。

- [0514] なお、携帯無線装置10は、反射電圧検出部603の代わりに、VSWR(Voltage Standing Wave Ratio:電圧定在波比)検出器を備えてもよい。この場合、制御部605は、VSWRが小さくなるように、第11の実施形態に準ずる制御を実行する。
- [0515] このように、第12の実施形態では、第11の実施形態に準じて、インピーダンスの整合が実行されるので、アンテナがおかれる様々な環境において、常にインピーダンスを適応的に制御することができ、かつ不整合損による損失を減らすことができ、常に安定した送信電力を得ることができる携帯無線装置が提供されることとなる。
- [0516] なお、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置であっても、本発明が適用可能であることは、言うまでもない。図64Bは、送信部と受信部とを共に備える携帯無線装置11の構成を示すブロック図である。
- [0517] 図64Bにおいて、携帯無線装置11は、アンテナ701と、整合回路702と、整合性検出部703と、信号処理部704と、制御部705aと、記憶部706aと、共用器707とを備える。信号処理部704は、送信部704aと、受信部704bとを含む。携帯無線装置11において、整合性検出部703は、送信信号の反射電力または受信信号の受信電圧、すなわち、インピーダンスの整合度合いを示す情報を検出し、制御部705aに伝える。信号処理部704は、使用する機能が何であるかの情報を制御部705aに伝える。無線信号の受信時、制御部705aは、第11の実施形態の処理を実行して、整合回路702のインピーダンスを調整する。無線信号の送信時、制御部705aは、図64Aに示した制御部605aと同様に動作して、整合回路702のインピーダンスを調整する。これによって、信号処理部704とアンテナ701との間のインピーダンス整合が得られる。
- [0518] なお、上記実施形態においても、携帯無線装置は、第9の実施形態と同様、ダイバーシチ構成を有していてもよい。送信時、制御部は、反射電圧が小さくなるアンテナを選択するとよい。
- [0519] (実施形態の各種変形例)  
 上記実施形態は、その他、様々な変形可能である。以下、上記実施形態の変形例について説明する。
- [0520] 上記実施形態において、整合回路の負荷値に関する情報(初期負荷値情報、整



合負荷値情報、負荷値情報)として、染色体やバラクタ電圧を表すパラメータ、スイッチのオンオフ状態を表すパラメータを用いることとしたが、あくまでも一例であって、負荷値に関する情報は、これらに限られるものではない。

[0521] 上記実施形態において、制御部は、信号強度検出部103や反射電圧検出部603、整合性検出部703, 803から与えられる受信電力や反射電圧を用いて、インピーダンス整合が得られているか否かを判断することとしたが、インピーダンス整合が得られているか否かを判断する方法は、これらに限られるものではない。たとえば、制御部は、信号処理部において、正常に復調がなされているか否かによってインピーダンス整合が得られているか否かを判断してもよいし、受信側の装置から与えられる送信信号が適正に受信されたか否かを示す応答内容によってインピーダンス整合が得られているか否かを判断してもよい。また、後述のように、使用状態変化検出部を用いることによって、制御部は、インピーダンス制御の開始するか否かを決定することができる。したがって、信号強度検出部103や反射電圧検出部603、整合性検出部703, 803は、本発明の必須の構成要素ではない。

[0522] 図2において、整合回路102は、電圧を印加することによって容量値が変化するバラクタダイオードを使用することとした。しかし、整合回路102では、バラクタダイオード以外の他の可変容量が使用されてもよい。また、可変容量に加えて、可変インダクタが使用されてもよい。また、可変容量の代わりに、可変インダクタが使用されてもよい。すなわち、整合回路102は、少なくとも一つの可変リアクタンス素子および／または少なくとも一つの可変インダクタンス素子を含んでいればよい。いずれの場合も、容量値および／またはインダクタンスを制御するための情報が、パラメータや染色体によって表現されていればよい。

[0523] 上記実施形態において染色体を用いる場合、直列および並列のバラクタ電圧を二進数に変換して、染色体を定義することとしたが、染色体の定義規則は、これに限られるものではない。また、上記実施形態において染色体を用いる場合、整合回路400のスイッチのオンオフに対応させて、染色体を定義することとしたが、染色体の定義規則は、これに限られるものではない。

[0524] 染色体やパラメータの数は、上記実施形態の例に限られるものではないことは言う

までもない。

[0525] 図1、図45、図47、および図48では、制御部105と記憶部106とは、別のパーツであるかのように記載したが、記憶部106は、制御部105の内部に組み込まれていてもよい。

[0526] 上記実施形態において、制御部105(605)は、信号強度検出部103(反射電圧検出部603)から伝えられる受信電力(反射電圧)を平均化して、インピーダンスの整合を開始するべきか否か判断していた。しかし、平均化の手法はこれに限られるものではない。たとえば、信号強度検出部103(反射電圧検出部603)と制御部105(605)との間に、RC積分回路またはRL積分回路を備え付けてもよい。

[0527] 図65Aは、RC積分回路を備えた携帯無線装置1aの構成を示すブロック図である。図65Aにおいて、信号強度検出部103と制御部105との間に、抵抗301が直列に接続され、容量302が並列に接続される。制御部105は、容量302の電圧303を検波することによって、受信電力を検波する。図65Bは、RL積分回路を備えた携帯無線装置1bの構成を示すブロック図である。図65Bにおいて、信号強度検出部103と制御部105との間に、インダクタ304が直列に接続され、抵抗305が並列に接続される。制御部105は、抵抗305の電圧306を検波することによって、受信電力を検波する。これらにより、制御部105は、滑らかに変化する受信電力を検波することができ、安定的な受信電力を取得することができる。反射電圧検出部603を用いる場合についても同様である。図65Cは、RC積分回路を備えた携帯無線装置6aの構成を示すブロック図である。反射電圧検出部603と制御部605との間に、抵抗301が直列に接続され、容量302が並列に接続される。制御部605は、容量302の電圧303を検波することによって、反射電圧を検波する。図65Dは、RL積分回路を備えた携帯無線装置6bの構成を示すブロック図である。図65Dにおいて、信号強度検出部603と制御部605との間に、インダクタ304が直列に接続され、抵抗305が並列に接続される。制御部605は、抵抗305の電圧306を検波することによって、受信電力を検波する。これらにより、制御部605は、滑らかに変化する反射電圧を検波することができ、安定的な反射電圧を取得することができる。なお、図47B、図47C、図48、図64Aおよび図64Bの携帯無線装置に対しても、積分回路が適用可能であることは、言うまでも

ない。

[0528] 使用状態に対応させて染色体またはパラメータを登録しているテーブルを用いる実施形態において、使用状態として、自由空間、通話姿勢、メール姿勢以外の使用状態が用いられてもよい。たとえば、使用状態を、人体とアンテナとの距離が1cm、2cm、3cmとして、各状態で整合がとれる染色体またはパラメータを用いるようにしてもよい。また、その他の状態で整合がとれる染色体またはパラメータを用いてもよい。すなわち、記憶部には、携帯無線装置の典型的な使用状態と対応させて、整合回路のインピーダンスを制御するための情報が格納されていればよい。

[0529] なお、上記実施形態において、遺伝的アルゴリズムを用いて整合回路のインピーダンスを微調整する処理では、最急降下法アルゴリズムなどの他の最適化アルゴリズムを用いて、インピーダンスを微調整するようにしてもよい。

[0530] 交叉位置の決定方法は、上記実施形態での決定方法に限定されるものではない。たとえば、携帯無線装置は、ある一つの染色体において、一つだけ交叉位置を決定して、他の一つの染色体と遺伝子を交換するようにしてもよいし、複数の交叉位置を決定して、遺伝子を交換するようにしてもよい。

[0531] 当然、使用状態初期染色体テーブルや使用状態初期パラメータテーブルに登録されている染色体は、上述の例に限られない。また、登録されている染色体やパラメータの数も、上述の例に限られない。

[0532] 上記実施形態において、インピーダンスの整合制御が開始するタイミングは、上述の例に限られるものではない。たとえば、定期的を開始されてもよいし、携帯無線装置の使用状態の変化に応じて開始されてもよい。使用状態の変化に応じて、インピーダンスの整合制御を開始する場合、携帯無線装置は、使用状態の変化を検出する使用状態変化検出部を備えることとなる。また、使用状態変化検出部を用いる場合、制御部は、使用状態変化検出部が検出した変化後の使用状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価するとよい。

[0533] たとえば、携帯無線装置を携帯電話とした場合を考える。図66Aは、携帯電話の正面図である。図66Bは、携帯電話の側面図である。たとえば、使用状態変化検出部は、通話ボタン401が押下されたか否かを判断する。使用状態変化検出部は、通話

ボタン401が押下されたことを検出することによって、使用状態が通話状態となったことを検出する。使用状態変化検出部によって通話状態であることが検出された場合、制御部は、インピーダンスの整合制御を開始する。この場合、使用状態初期染色体テーブルまたは使用状態初期パラメータテーブルには、通話状態において整合が取れていると予想される初期染色体「通話」または初期パラメータ「通話」が登録されているとよい。そして、制御部は、インピーダンスの整合制御を開始した場合、まず、通話状態に対応する初期染色体「通話」または初期パラメータ「通話」を最初を選んで、受信電力を取得し、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(たとえば、図10のステップS210)。適切でない場合、遺伝的アルゴリズムや最急降下法等の最適化アルゴリズムによって、適切な染色体を得ていく。このように、使用状態変化検出部によって使用状態の変更が検知された場合、制御部は、まず、変化後の使用状態に対応する初期染色体または初期パラメータを用いて、整合回路を制御するので、より短時間でインピーダンスを整合させることが可能となる。

- [0534] また、たとえば、携帯無線装置が折りたたみ式携帯電話である場合、使用状態変化検知部は、当該携帯電話の開閉を検出することによって、使用状態が開状態であるかそれとも閉状態であるかを検出とよい。制御部は、携帯電話が開いたとき、または携帯電話が閉じたときに、インピーダンスの整合制御を開始する。この場合、使用状態初期染色体テーブルまたは使用状態初期パラメータテーブルには、携帯電話が開いた状態において整合が取れると予想される初期染色体「開」または初期パラメータ「開」と、携帯電話が閉じた状態において整合が取れると予想される初期染色体「閉」または初期パラメータ「閉」とが登録されているとよい。そして、制御部は、使用状態変化検出部によって開状態であることが検出された場合、初期染色体「開」または初期パラメータ「開」を最初を選んで、受信電力を取得し、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(たとえば、図10のステップS210)。制御部は、使用状態変化検出部によって閉状態であることが検出された場合、初期染色体「閉」または初期パラメータ「閉」を最初を選んで、受信電力を取得し、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(たとえば、図10のステップS210)。適切でない場合、制御部は遺伝的アルゴリズムまたは最急降下法等の最適化アルゴリズムによって、適切な染色



体を得ていく。このように、使用状態変化検知部によって使用状態の変化が検知された場合、制御部は、まず、変更後の状態状態に対応する初期染色体または初期パラメータを用いて、整合回路を制御するので、より短時間でインピーダンスを整合させることが可能となる。

[0535] また、たとえば、使用状態変化検知部は、携帯電話に対して人体が近接したか否かを判断するための温度センサ402であるとよい。制御部は、温度センサ402によって人体が携帯電話に近接したと判断された場合、インピーダンスの整合制御を開始する。この場合、人体に近接したときの距離とそのとき温度センサ402が感知する温度との関係をあらかじめ調べておく。使用状態初期染色体テーブルまたは使用状態初期パラメータテーブルには、温度に対応させて、その状態において整合が取れると予想される初期染色体または初期パラメータが登録されている。制御部は、温度センサ402が感知した温度に対応する初期染色体を使用状態初期染色体テーブルから選んで、受信電力を取得し、取得した受信電力が適切であるか否かを判断する(たとえば、図10のステップS210)。適切でない場合、制御部は遺伝的アルゴリズムまたは最急降下法等の最適化アルゴリズムによって、適切な染色体を得ていく。具体的には、人体とアンテナとの距離が1cmであるとき、温度センサ402は25度を感知するとする。このとき、使用状態初期染色体テーブルには、予め、アンテナが人体と1cmの距離にあるとき整合が取れる初期染色体「温度25」が登録されている。その他、温度センサ402が感知する温度に対応付けて初期染色体が登録されている。温度センサ402によって、25度が感知された場合、制御部105は、初期染色体「温度25」を選択する。これにより、短時間でインピーダンスを適応的に整合させることが可能となる。

[0536] なお、携帯無線装置は、アンテナの周囲の環境の変化を検知するアンテナ周囲環境変化検知部を備えてもよい。この場合、制御部は、アンテナ環境変化検知部によってアンテナの周囲の環境が変化するのが検知されたら、インピーダンスの整合制御を開始するとよい。この場合、記憶部は、あらかじめ、アンテナがおかれる様々な環境において整合が取れると予想される初期染色体または初期パラメータを記憶しておくとい。これによって、当該初期染色体または初期パラメータを用いて、インピー

ダンスの整合制御が行われることとなるので、短時間でインピーダンスが整合することとなる。

[0537] なお、上記実施形態では、元々、アンテナと信号処理部とは、自由空間中で整合していることとしたが、当然、これに限るものではない。例えば、元々、アンテナと信号処理部とは、通話で使用される状態(通話姿勢時)で整合しているとしてもよい。また、元々、アンテナと信号処理部とは、その他の環境下で整合していると設定しておいてもよいことはいうまでもない。

[0538] なお、上記説明では、携帯無線装置の例として、携帯電話を中心に例示したが、本発明の携帯無線装置は、携帯電話以外にも適用可能である。たとえば、携帯無線装置としては、無線LAN用の小型通信装置や、RFID(Radio Frequency Identification)システムの質問器および応答器、キーレスエントリシステムの送信機など、あらゆる携帯型の無線装置に本発明は適用可能である。

#### 産業上の利用可能性

[0539] 本発明は、アンテナが人体や物に近接することによって生じるインピーダンスの不整合を解消することができるので、受信または送信電力の劣化を防ぐことができ、携帯電話をはじめ、あらゆる通信で用いる機器等に応用できる。

## 請求の範囲

- [1] 無線通信のための携帯無線装置であって、  
アンテナと、  
信号を処理するための信号処理部と、  
前記アンテナと前記信号処理部との間に接続され、可変な負荷値を有しており、前記アンテナと前記信号処理部とをインピーダンス整合させるための整合回路と、  
前記整合回路の負荷値を制御するための制御部と、  
前記携帯無線装置の使用状態に対応させて、前記整合回路の負荷値に関する情報を初期負荷値情報として記憶する記憶部とを備え、  
前記制御部は、  
前記整合回路の制御を開始する際、前記記憶部に記憶されている前記初期負荷値情報を評価し、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在すれば、当該初期負荷値情報に対応する負荷値を有するように前記整合回路を制御する初期制御手段と、  
インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、前記記憶部に記憶されている前記初期負荷値情報を用いて、インピーダンス整合が得られる負荷値に関する情報である整合負荷値情報を導出し、導出した前記整合負荷値情報に対応する負荷値を有するように前記整合回路を制御する整合負荷値導出手段とを含む、携帯無線装置。
- [2] 前記整合回路と前記信号処理部との間に接続され、前記アンテナと前記信号処理部とのインピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備え、  
前記整合性検出部は、前記アンテナおよび前記整合回路を介して受信する受信信号の周波数帯に相当する第1の周波数帯の信号強度を検出する信号強度検出部を含み、  
前記初期制御手段は、前記信号強度検出部が検出した第1の周波数帯の信号強度に基づいて、前記記憶部に記憶されている前記初期負荷値情報を評価し、  
前記整合負荷値導出手段は、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、前記整合回路の負荷値を変化させて、前記信号強度検出部が検出

した第1の周波数帯の信号強度に基づいて、当該変化させた整合回路の負荷値を評価し、前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [3] 前記整合回路と前記信号処理部との間に接続され、前記アンテナと前記信号処理部とのインピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備え、前記整合性検出部は、前記信号処理部で生成された送信信号の周波数帯に相当する第2の周波数帯の反射電圧を検出する反射電圧検出部を含み、前記初期制御手段は、前記反射電圧検出部が検出した第2の周波数帯の反射電圧に基づいて、前記記憶部に記憶されている前記初期負荷値情報を評価し、前記整合負荷値導出手段は、インピーダンス整合が得られる初期負荷値情報が存在しない場合、前記整合回路の負荷値を変化させて、前記反射電圧検出部が検出した第2の周波数帯の反射電圧に基づいて、当該変化させた初期負荷値情報を評価し、前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [4] 前記信号処理部は、使用する機能を前記制御部に伝え、前記制御部は、前記信号処理部から伝えられた機能に合わせて、前記アンテナおよび前記整合回路を介して受信する受信信号の受信電力、あるいは前記信号処理部で生成された送信信号の送信電力が大きくなるように、前記整合回路の負荷値を制御する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [5] 前記整合負荷値導出手段は、前記整合回路の負荷値を繰り返し変化させていくことによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [6] 前記初期負荷値情報は、前記整合回路の負荷値を表す初期情報であり、前記整合負荷値導出手段は、前記初期情報を進化させていくことによって、前記整合負荷値情報を表す情報を導出する、請求項5に記載の携帯無線装置。
- [7] 前記初期負荷値情報は、前記整合回路の負荷値を表す初期染色体であり、前記整合負荷値導出手段は、前記初期染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させていくことによって、前記整合負荷値情報を表す染色体を導出する、請求項5に記載の携帯無線装置。
- [8] 前記整合負荷値導出手段は、前記整合回路の負荷値を最急降下法アルゴリズムを用いて微調整することによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項5に記



載の携帯無線装置。

- [9] 前記整合回路は、負荷を選択するための複数のスイッチを含み、  
前記整合負荷値導出手段は、最も高い評価を有する初期負荷値情報に対応するように前記複数のスイッチを制御した状態を開始点として、前記複数のスイッチを切り替えながら、スイッチのオンオフに関する情報である前記整合負荷値情報を導出する、請求項5に記載の携帯無線装置。
- [10] 前記整合負荷値導出手段は、  
前記整合負荷値情報を前記整合回路の負荷値を微調整することによって導出する局所的探索手段と、  
前記局所的探索手段によって前記整合負荷値情報を導出することができない場合、前記整合負荷値情報を導出するために必要な負荷値情報を新たに生成して、当該負荷値情報を用いて、前記整合負荷値情報を導出する大域的探索手段とを備え、  
前記局所的探索手段は、前記大域的探索手段によって前記整合負荷値情報を導出することができない場合、再度、前記整合回路の負荷値を微調整することによって前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [11] 前記整合負荷値導出手段は、前記整合回路の負荷値を微調整することによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [12] 前記整合負荷値導出手段は、  
前記整合回路の負荷値を表す情報をランダム負荷値情報としてランダムに発生させ、発生させた前記ランダム負荷値情報を評価し、インピーダンス整合が得られるランダム負荷値情報が存在すれば、当該ランダム負荷値情報に対応する負荷値を有するように前記整合回路を制御し、  
前記インピーダンス整合が得られるランダム負荷値情報が存在しない場合、前記初期負荷値情報および前記ランダム負荷値情報を用いて、前記整合負荷値情報を導出する、請求項1に記載の携帯無線装置。
- [13] 前記初期負荷値情報は、前記整合回路の負荷値を表す初期染色体であり、  
前記ランダム負荷値情報は、前記整合回路の負荷値を表すランダム染色体であり

前記整合負荷値導出手段は、前記初期染色体および前記ランダム染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させていくことによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項12に記載の携帯無線装置。

- [14] 前記整合負荷値導出手段は、前記初期染色体および前記ランダム染色体を進化させることによって得た染色体の内、最も評価の高い染色体に対応する前記整合回路の負荷値を微調整することによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項13に記載の携帯無線装置。

- [15] 前記整合負荷値導出手段は、微調整のための処理が所定の限界条件を満たした場合、新たな染色体を発生し、発生した前記新たな染色体を用いて、前記整合負荷値情報を導出する、請求項14に記載の携帯無線装置。

- [16] 前記整合負荷値導出手段は、  
 前記新たな染色体を評価し、インピーダンス整合が得られる染色体が存在すれば、当該染色体に対応する負荷値を有するように前記整合回路を制御し、  
 前記インピーダンス整合が得られる染色体が存在しない場合、前記新たな染色体を遺伝的アルゴリズムを用いて進化させ、進化させた染色体を用いて、前記整合負荷値情報を導出する、請求項15に記載の携帯無線装置。

- [17] 前記整合負荷値導出手段は、前記新たな染色体を進化させることによって得た染色体の内、最も評価の高い染色体に対応する前記整合回路の負荷値を微調整することによって、前記整合負荷値情報を導出する、請求項16に記載の携帯無線装置。

- [18] 前記制御部は、前記整合負荷値導出手段によって導出された前記整合負荷値情報を初期負荷値情報として、前記記憶部に追加登録する新規初期負荷値情報登録手段をさらに備え、

前記制御部は、新たに追加登録された初期負荷値情報も用いて、次回からの制御を実行する、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [19] 前記携帯無線装置は、携帯電話であって、  
 前記初期負荷値情報は、

前記携帯電話が人体から離れた自由空間中に存在する状態のときにインピーダ

ンスが整合すると予想される負荷値に関する情報と、

前記携帯電話が通話中の状態で使用されるときにインピーダンスが整合すると予想される負荷値に関する情報と、

前記携帯電話のメール機能を使用する状態のときにインピーダンスが整合すると予想される負荷値に関する情報とを含む、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [20] 前記整合回路と前記信号処理部との間に接続され、インピーダンスの整合度合いを検出する整合性検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記整合性検出部による検出結果に基づいて、インピーダンス整合が得られているか否かを判断する、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [21] 前記初期制御手段は、前記整合性検出部による検出結果に基づいて、前記整合回路の制御を開始する、請求項20に記載の携帯無線装置。

- [22] 前記整合性検出部は、反射電圧または受信電力を検出し、  
前記携帯無線装置は、積分回路をさらに備え、

前記整合性検出部が検出した反射電圧または受信電力は、前記積分回路を介して、前記制御部に入力される、請求項20に記載の携帯無線装置。

- [23] 前記携帯無線装置の使用状態の変化を検出する使用状態変化検出部をさらに備え、

前記初期制御手段は、前記使用状態変化検出部によって使用状態の変化が検出されたら、前記整合回路の制御を開始する、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [24] 前記初期制御手段は、前記使用状態変化検出部が検出した変化後の使用状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価する、請求項23に記載の携帯無線装置。

- [25] 前記携帯無線装置は、携帯電話であって、

前記使用状態変化検出部は、前記携帯電話の通話ボタンが押下されたか否かを検出することによって、使用状態が通話状態であるか否かを検出し、

前記初期制御手段は、前記使用状態変化検出部によって通話状態であることが検出された場合、通話状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価する、請求項24に記載の携帯無線装置。

- [26] 前記携帯無線装置は、折りたたみ式携帯電話であって、

前記使用状態変化検出部は、前記折りたたみ式携帯電話の開閉を検出することによって、使用状態が開状態であるか閉状態であるかを検出し、

前記初期制御手段は、前記使用状態変化検出部によって開状態であることが検出された場合、開状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価し、前記使用状態変化検出部によって閉状態であることが検出された場合、閉状態に対応する初期負荷値情報を最初に評価する、請求項24に記載の携帯無線装置。

- [27] 前記使用状態変化検出部は、温度を検出することによって、前記携帯無線装置の使用状態の変化を検出し、

前記初期制御手段は、前記使用状態変化検出部によって検出された温度に対応する初期負荷値情報を最初に評価する、請求項24に記載の携帯無線装置。

- [28] さらに、前記アンテナ以外の少なくとも一つの他のアンテナと、

前記信号処理部と前記アンテナおよび前記他のアンテナとの接続を切り替えるためのスイッチ回路とを備え、

前記整合回路は、前記アンテナおよび前記他のアンテナと前記信号処理部とをインピーダンス整合させ、

前記制御部は、前記スイッチ回路の接続を制御する、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [29] 前記整合回路は、

負荷である少なくとも一つのリアクタンス素子および／または少なくとも1つのインダクタンス素子と、

前記負荷を選択するための少なくとも一つのスイッチとを含む、請求項1に記載の携帯無線装置。

- [30] 前記少なくとも一つのスイッチは、MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) スイッチである、請求項28に記載の携帯無線装置。

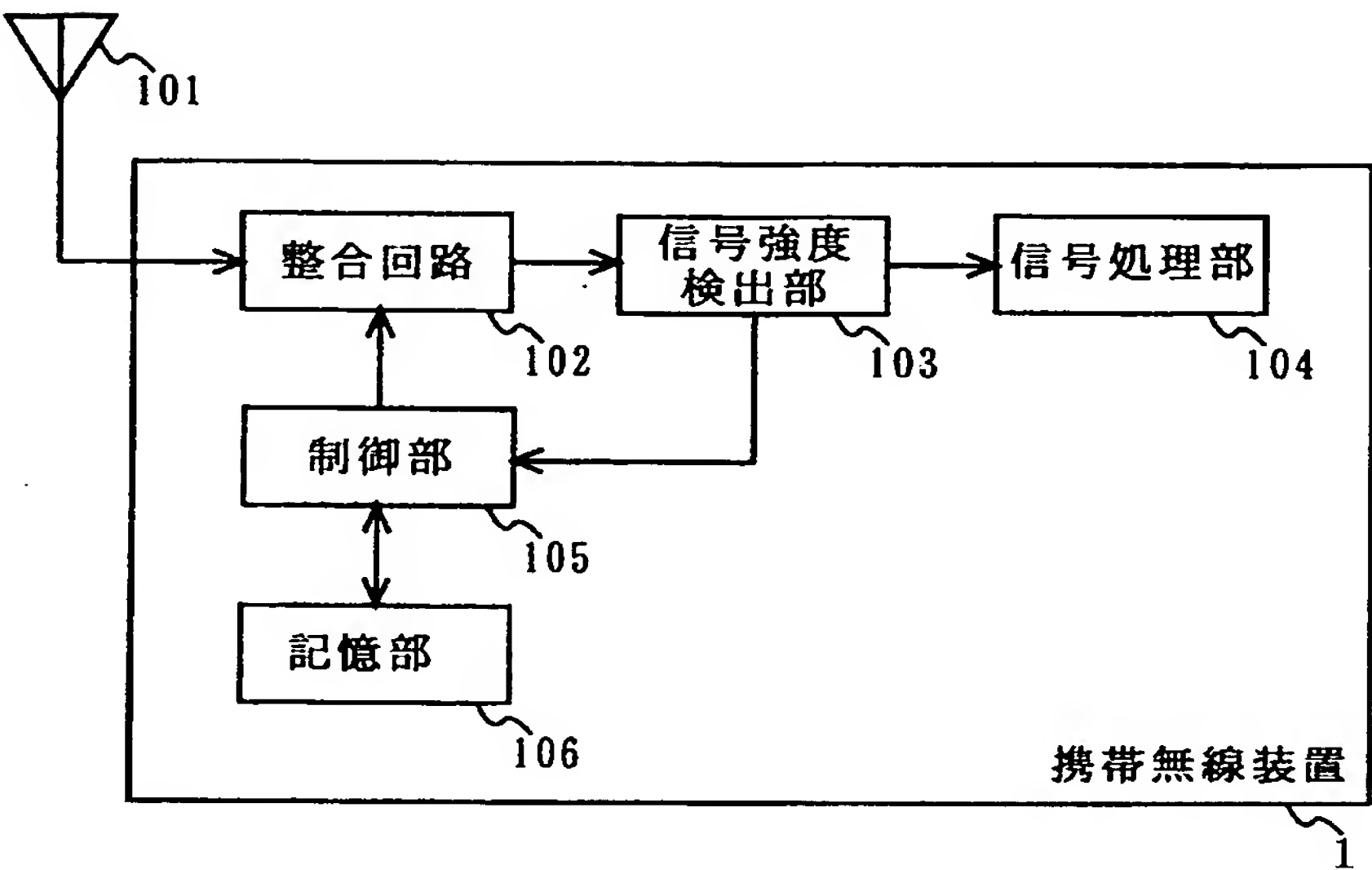


## 要 約 書

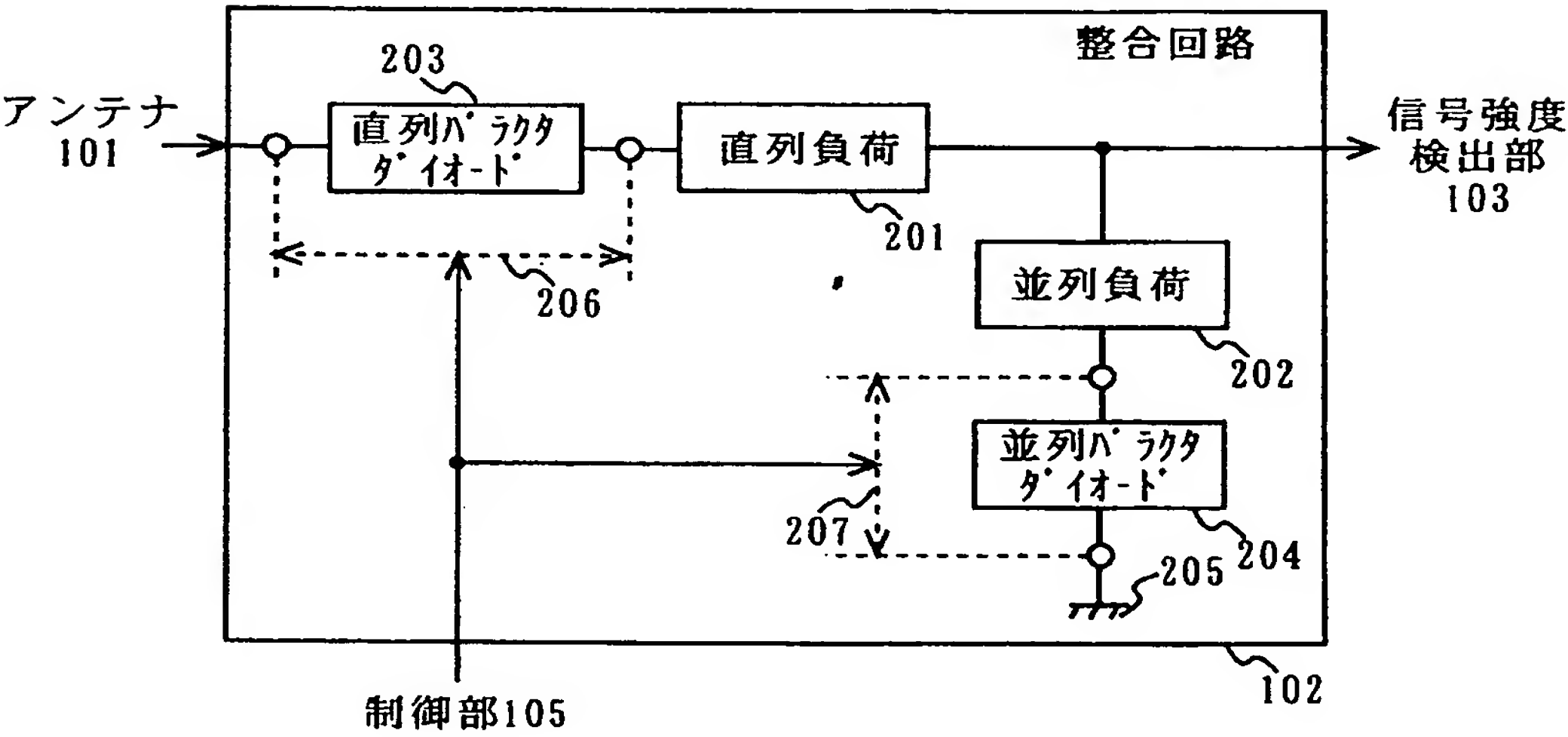
携帯電話等の携帯無線装置がどのような状態であっても、アンテナと送受信回路との間のインピーダンスを瞬時に適応的に整合させることによって、不整合損を低く抑え、かつ送受信感度を向上させることができる携帯無線装置を提供すること。

携帯無線装置(1)において、制御部(105)は、整合回路(102)の制御を開始する際、記憶部(106)に記憶されている初期染色体を評価し、インピーダンス整合が得られる初期染色体が存在すれば、当該初期染色体に対応する負荷値を有するように整合回路(102)を制御する。インピーダンス整合が得られる初期染色体が存在しない場合、制御部(105)は、初期染色体を遺伝的アルゴリズムによって進化させていき、インピーダンス整合が得られる染色体を導出し、導出した染色体に対応する負荷値を有するように整合回路(102)を制御する。

[図1]



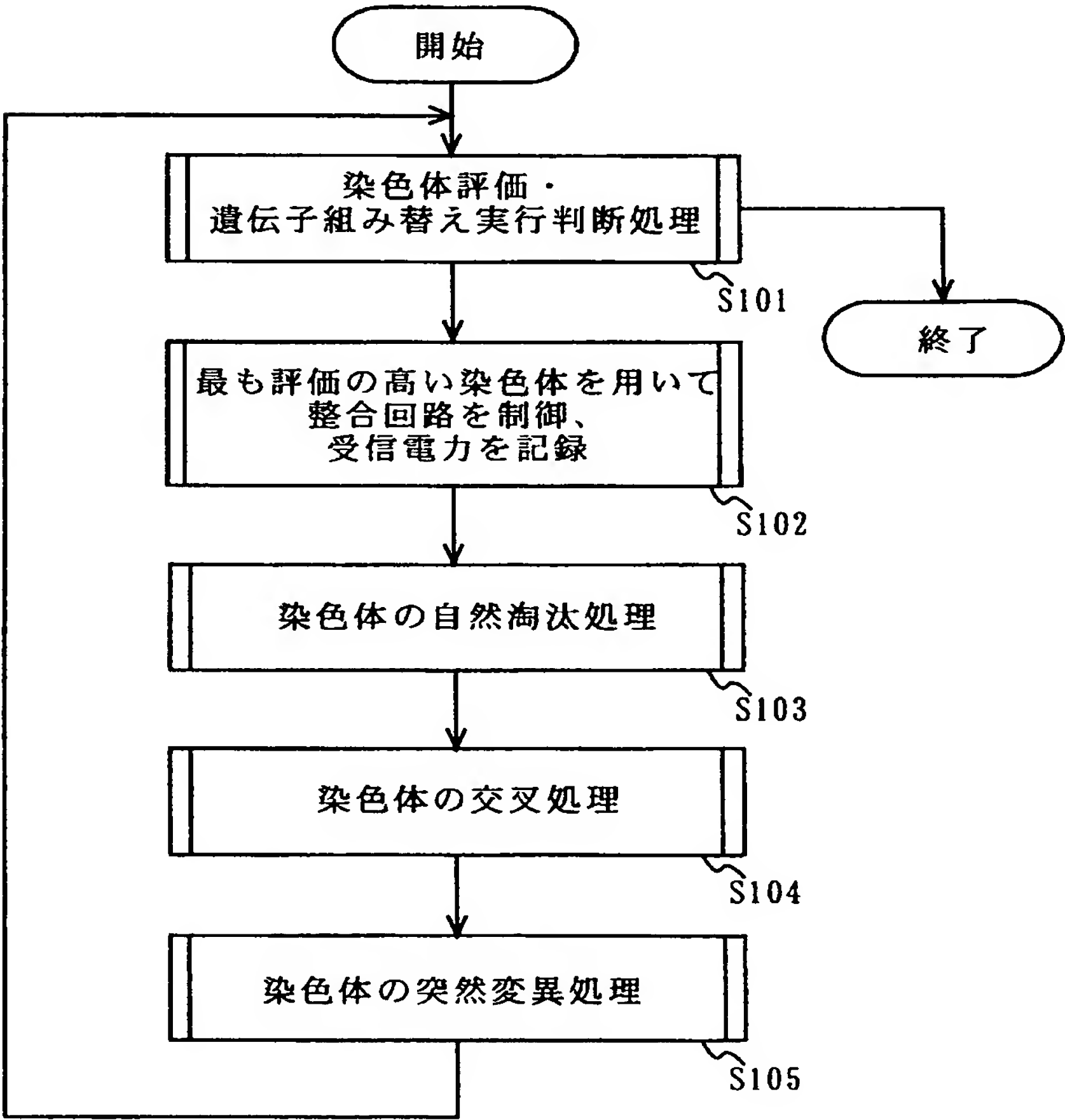
[図2]



[図3]

使用状態初期染色体テーブル	
染色体	使用状態
初期染色体A(1):0000 0000 0000 0000	自由空間
初期染色体A(2):0000 1100 0001 0100	通話姿勢
初期染色体A(3):0000 0101 0000 1111	メール姿勢

[図4]



[図5]

染色体受信電力テーブル	
染色体	受信電力
染色体B(1):0000 0000 0000 0000	R S S S I 1
染色体B(2):0000 0000 0000 0000	R S S S I 2
染色体B(3):0000 1100 0001 0100	R S S S I 3
染色体B(4):0000 0101 0000 1111	R S S S I 4

[図6]

自然淘汰後染色体受信電力テーブル	
染色体	受信電力
染色体C(1):0000 1100 0001 0100	R S S S I 3
染色体C(2):0000 0000 0000 0000	R S S S I 2
染色体C(3):0000 1100 0001 0100	R S S S I 3
染色体C(4):0000 0101 0000 1111	R S S S I 4

[図7]

交叉後染色体テーブル	
染色体	
染色体D(1):0000 1101 0001 1111	
染色体D(2):0000 0000 0000 0000	
染色体D(3):0000 1100 0001 0100	
染色体D(4):0000 0100 0000 0100	



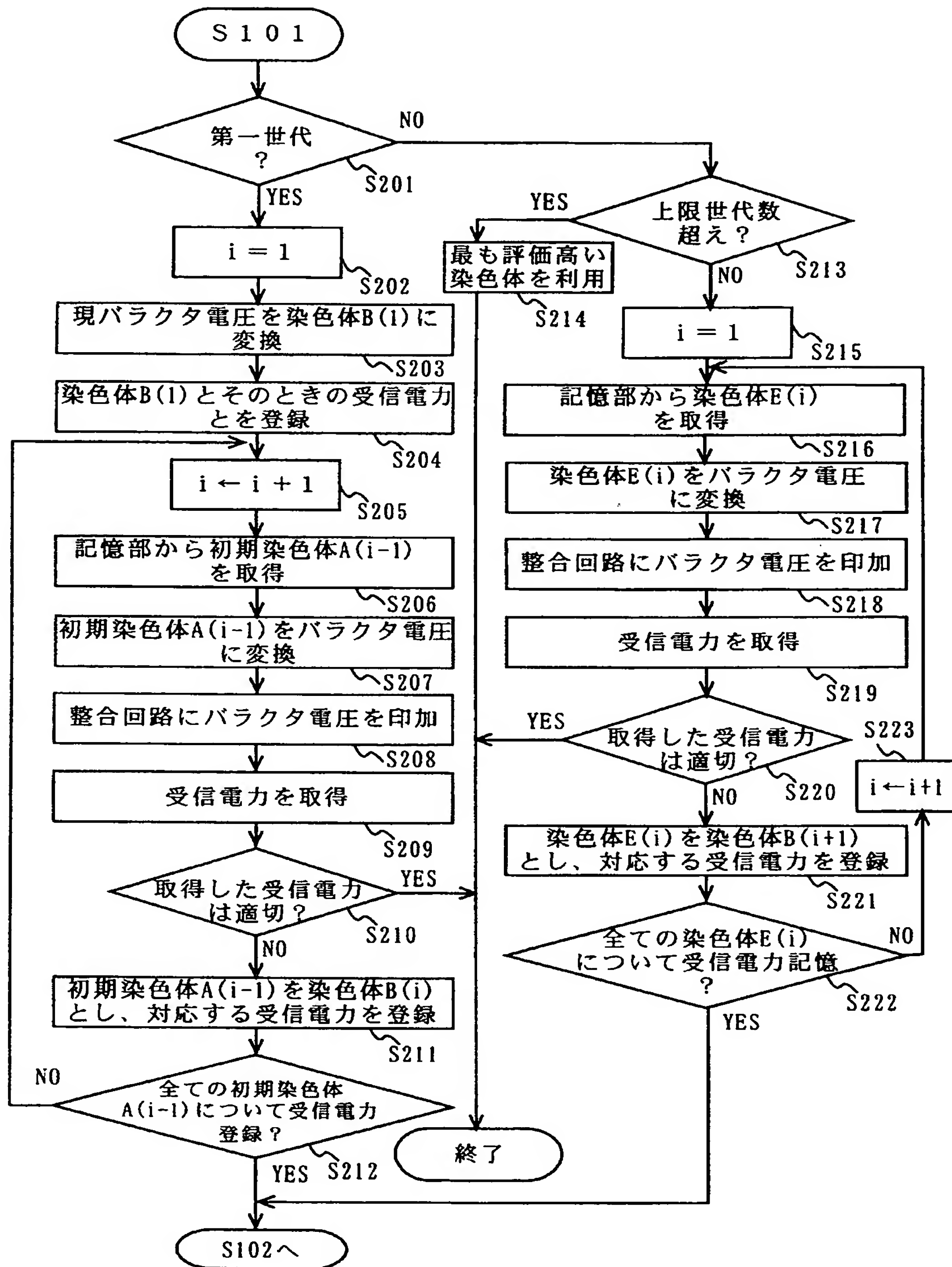
[図8]

突然変異後染色体テーブル	
染色体	
染色体E(1):	0000 1101 0001 0111
染色体E(2):	0100 0001 0000 0100
染色体E(3):	0000 1100 0001 0100
染色体E(4):	0000 1100 0100 0100

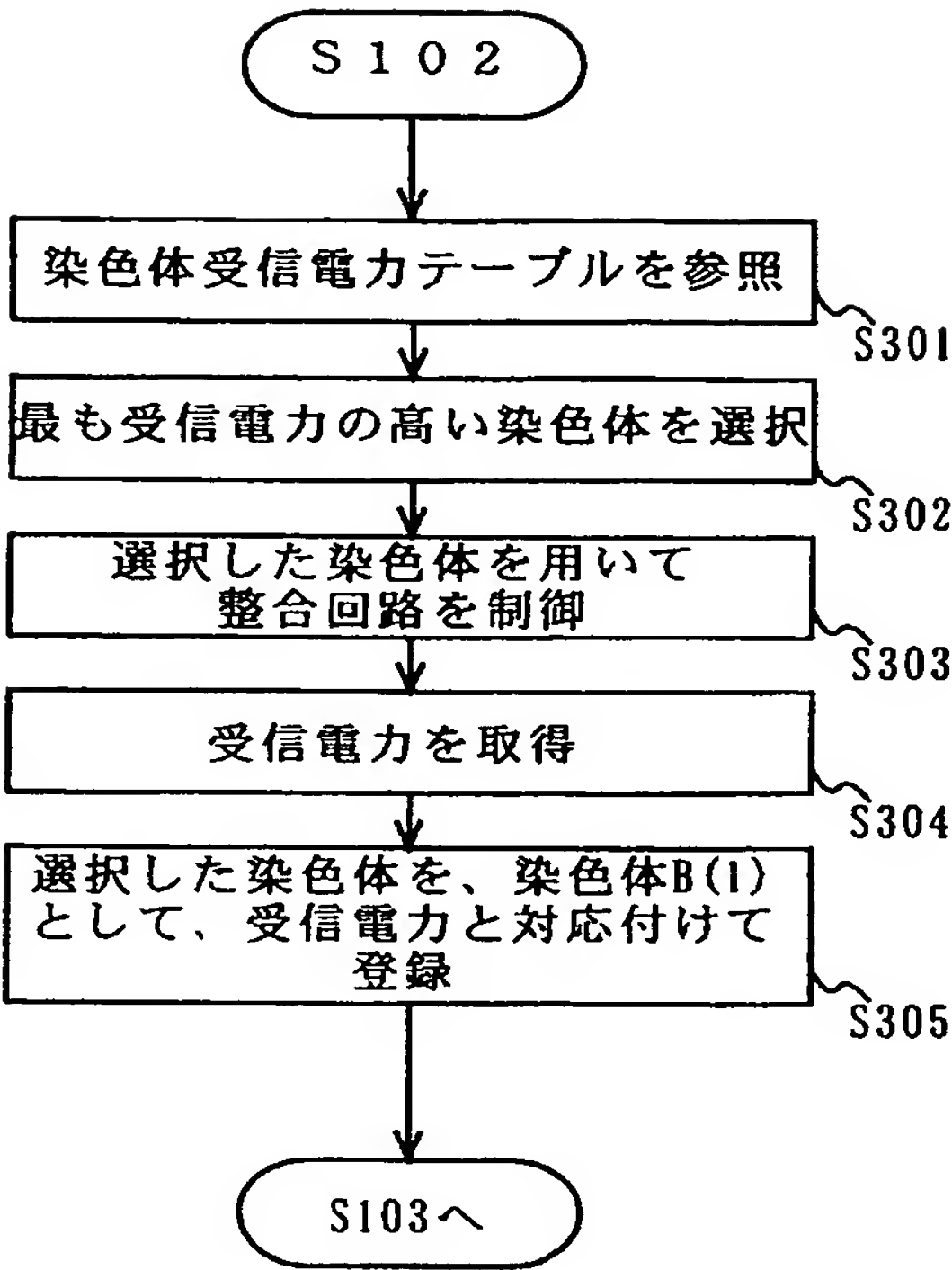
[図9]

染色体受信電力テーブル	
染色体	受信電力
染色体B(1):	0100 0001 0000 0100
染色体B(2):	0000 1101 0001 0111
染色体B(3):	0100 0001 0000 0100
染色体B(4):	0000 1100 0001 0100
染色体B(5):	0000 1100 0100 0100
	R S S S I 5
	R S S S I 6
	R S S S I 7
	R S S S I 8
	R S S S I 9

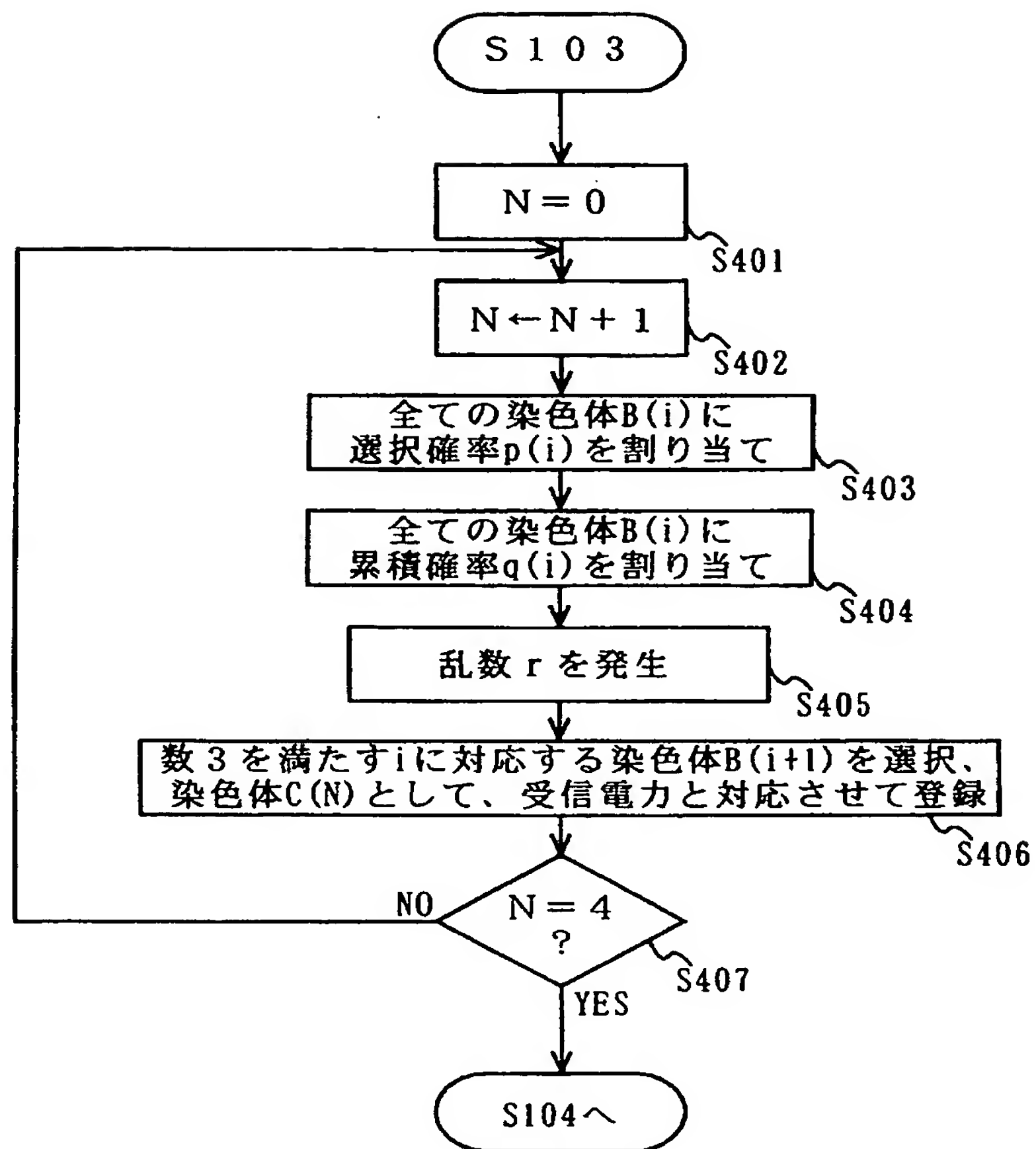
[図10]



[図11]

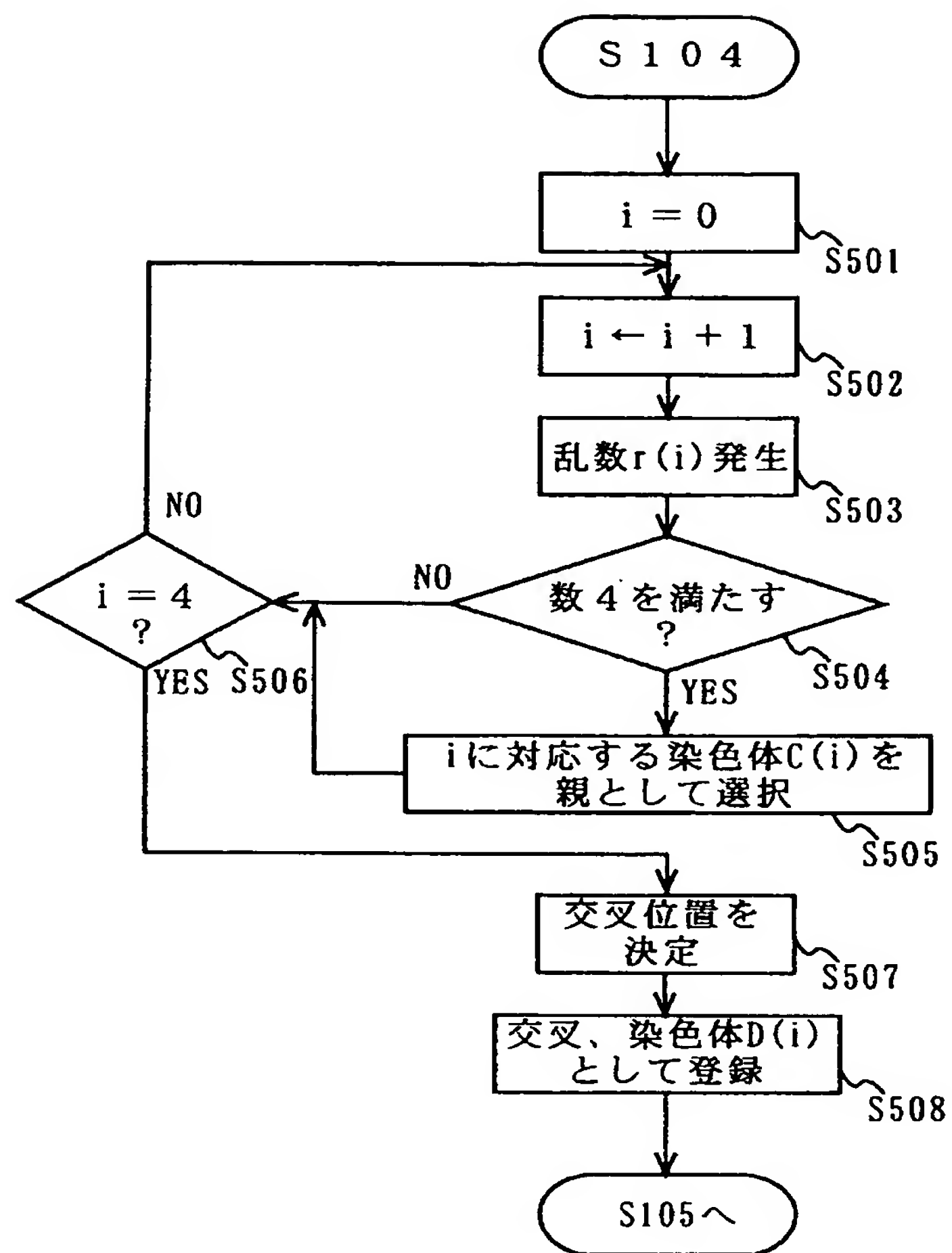


[図12]

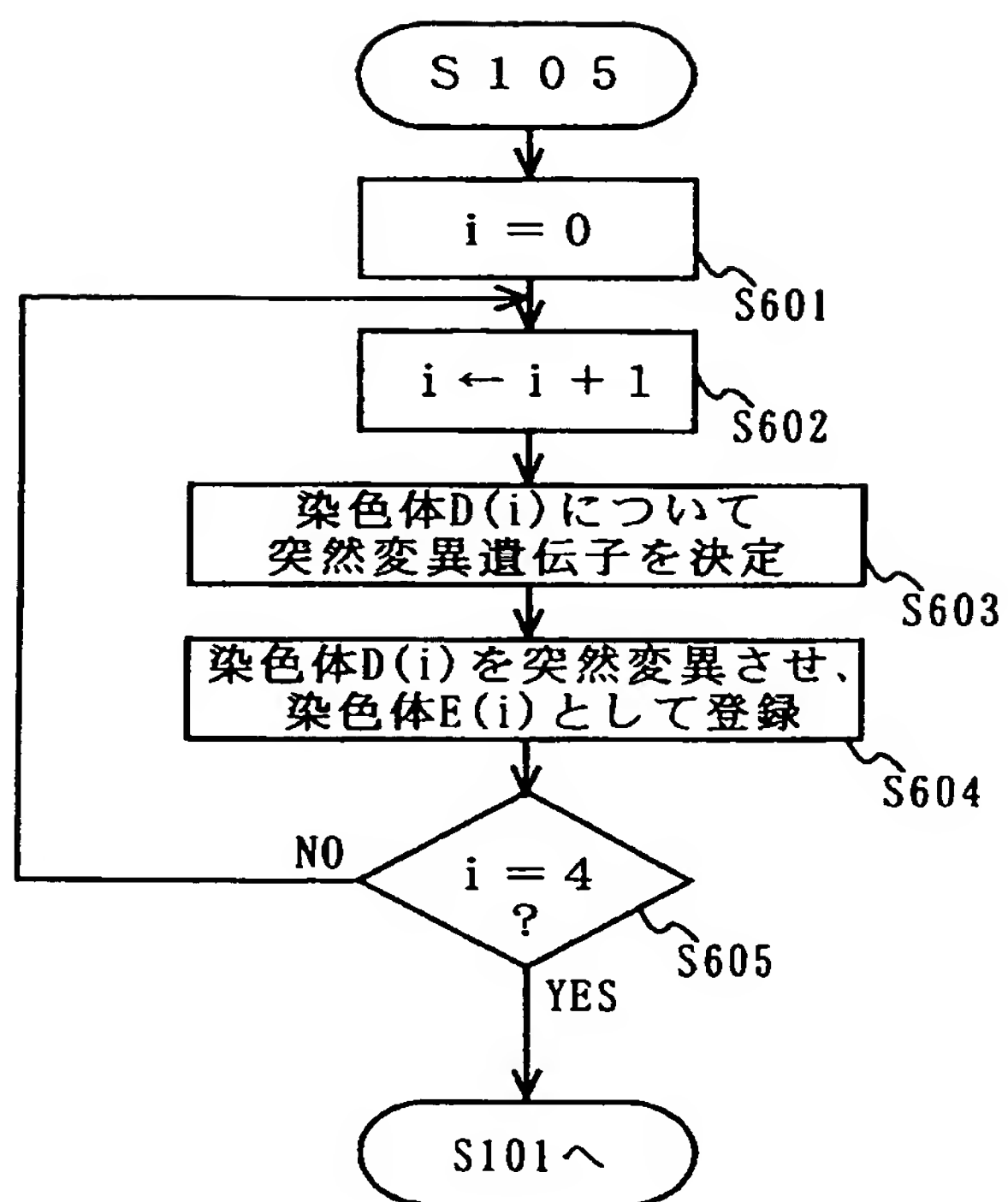




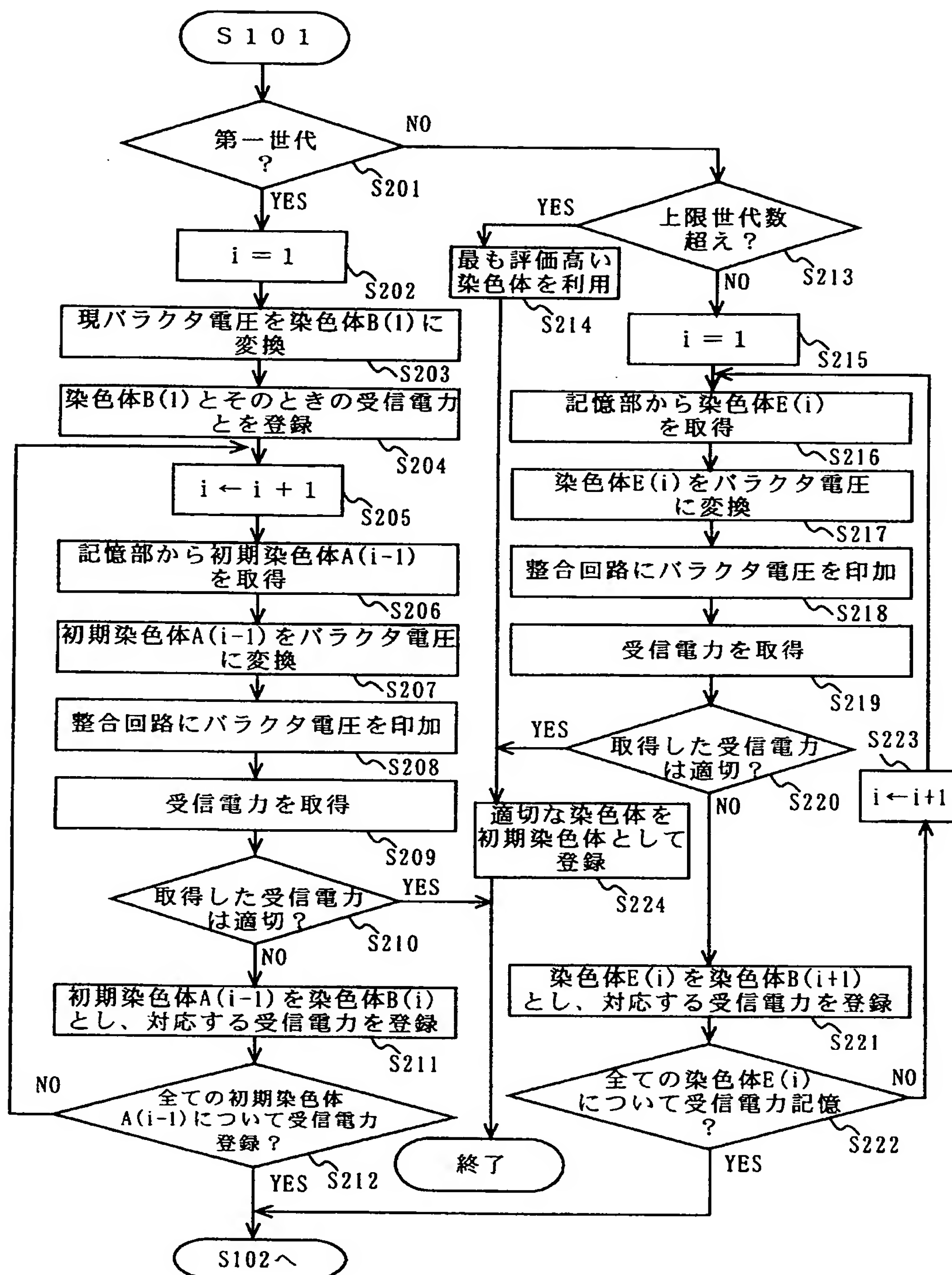
[図13]



[図14]



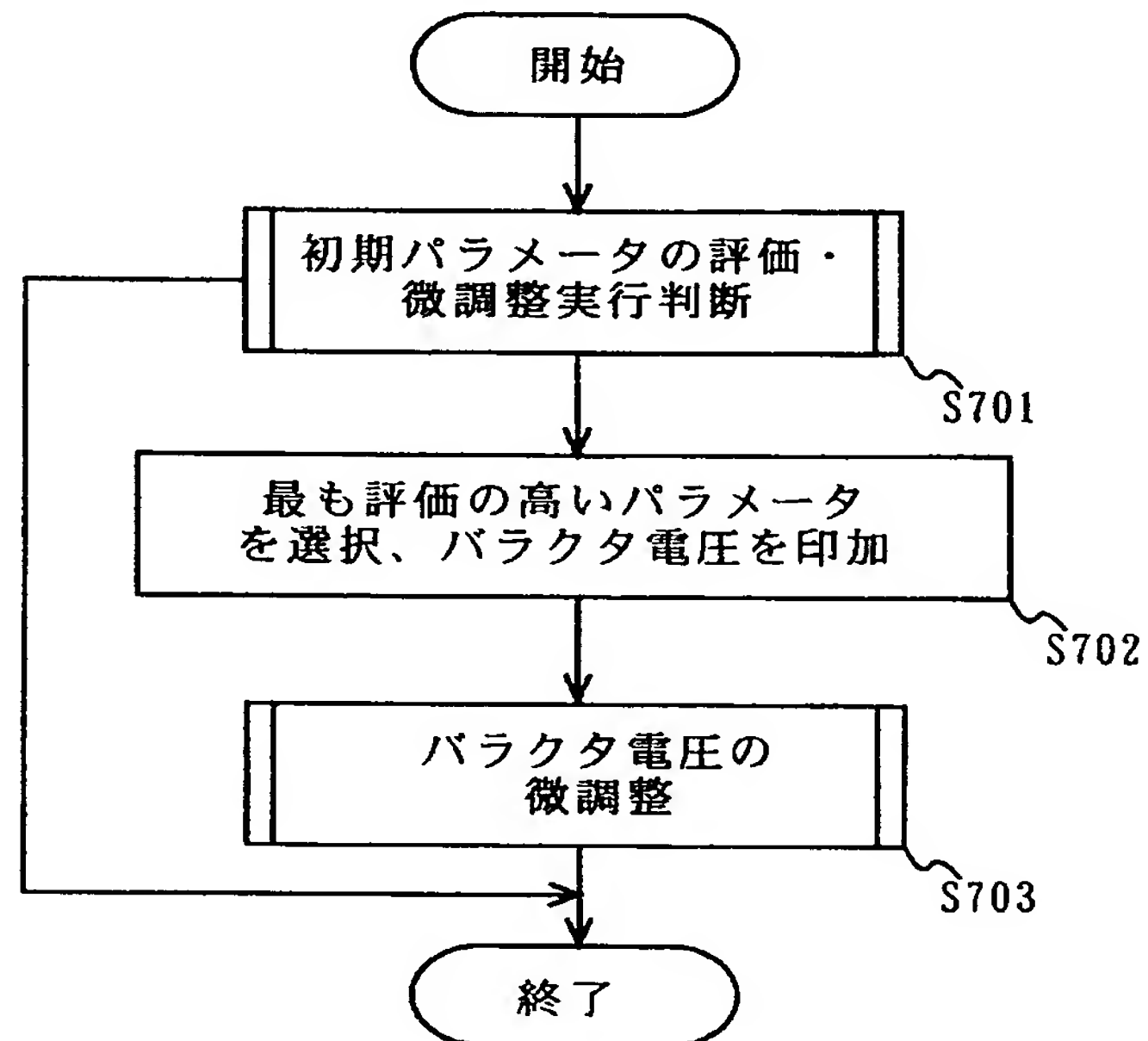
[図15]



[図16]

使用状態初期パラメータテーブル	
パラメータ	使用状態
直列：0 V 並列：0 V	自由空間
直列：1.2 V 並列：2 V	通話姿勢
直列：0.5 V 並列：1.5 V	メール姿勢

[図17]

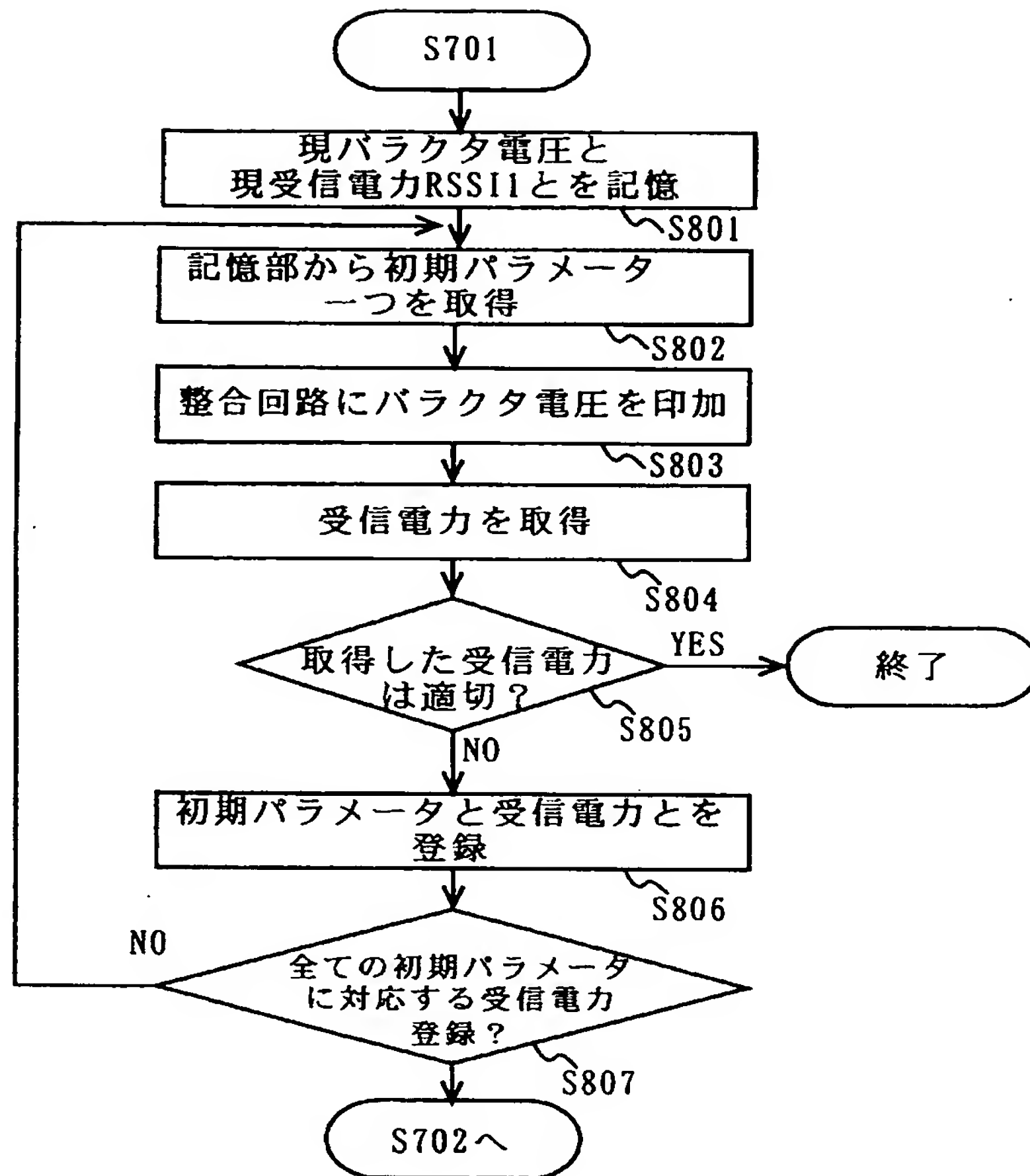


[図18]

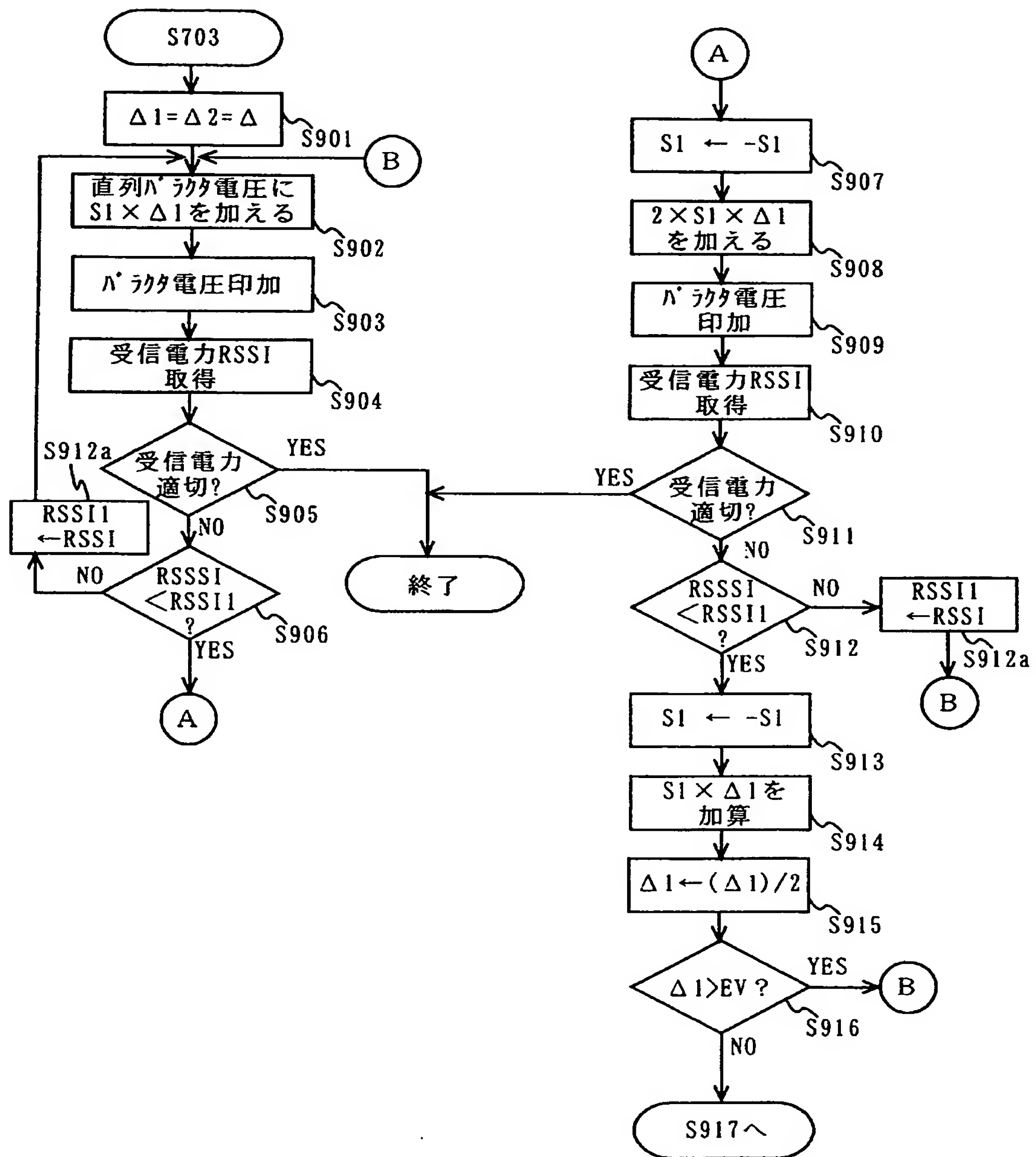
パラメータ受信電力テーブル	
パラメータ	受信電力
直列：0 V 並列：0 V (現在のパラメータ)	R S S S I 1
直列：0 V 並列：0 V (初期パラメータ)	R S S S I 2
直列：1.2 V 並列：2 V (初期パラメータ)	R S S S I 3
直列：0.5 V 並列：1.5 V (初期パラメータ)	R S S S I 4



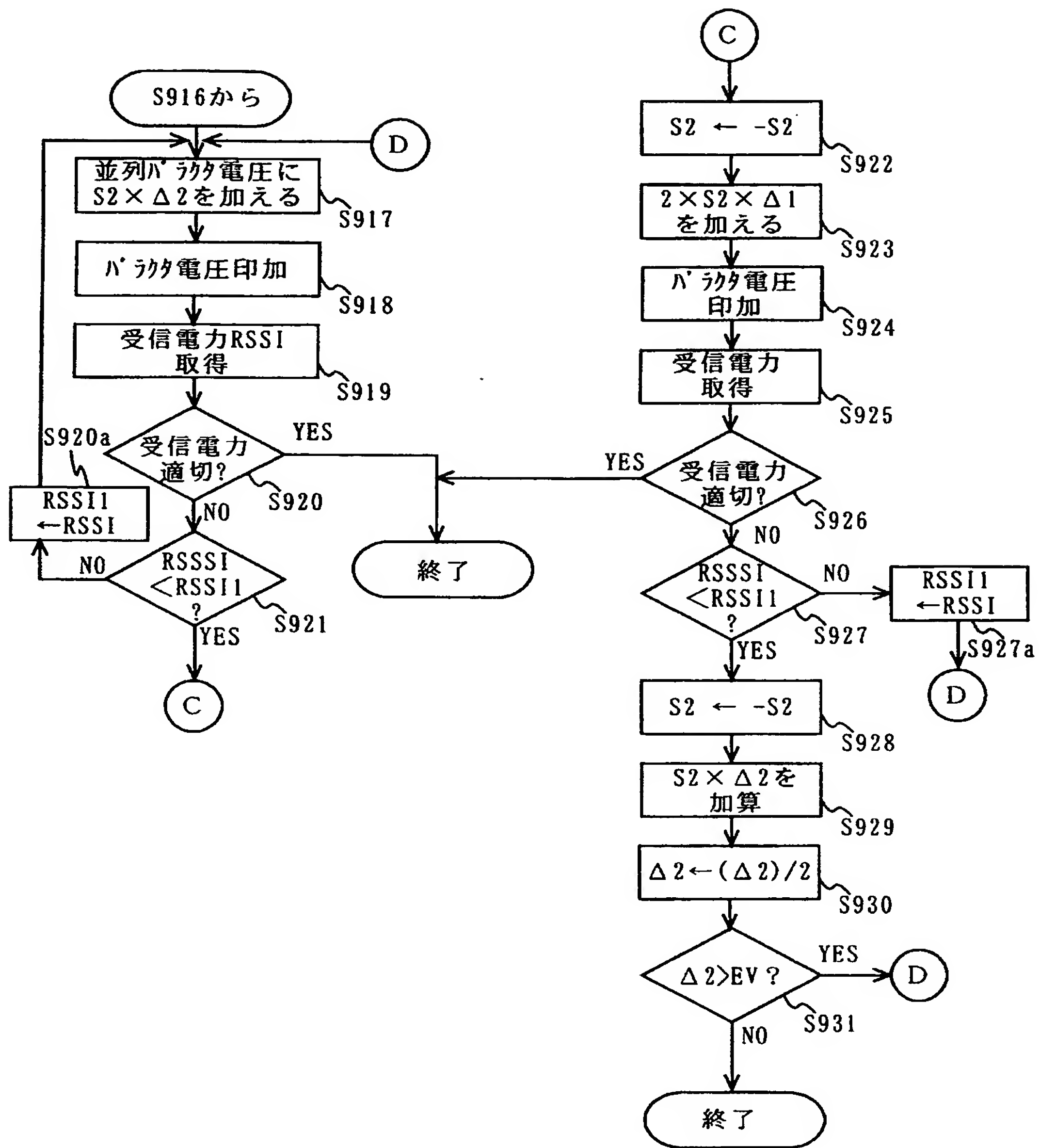
[図19]



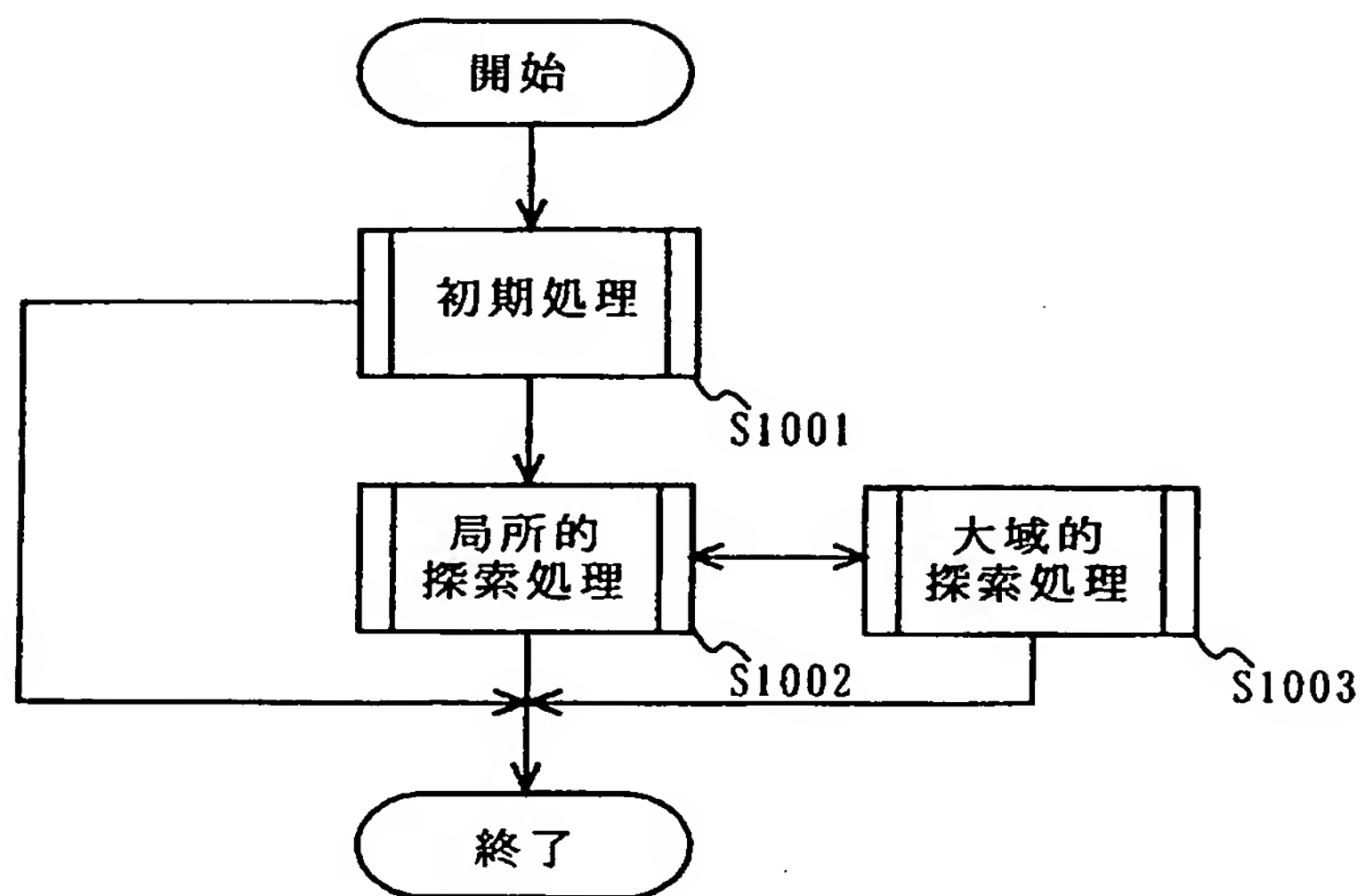
[図20]



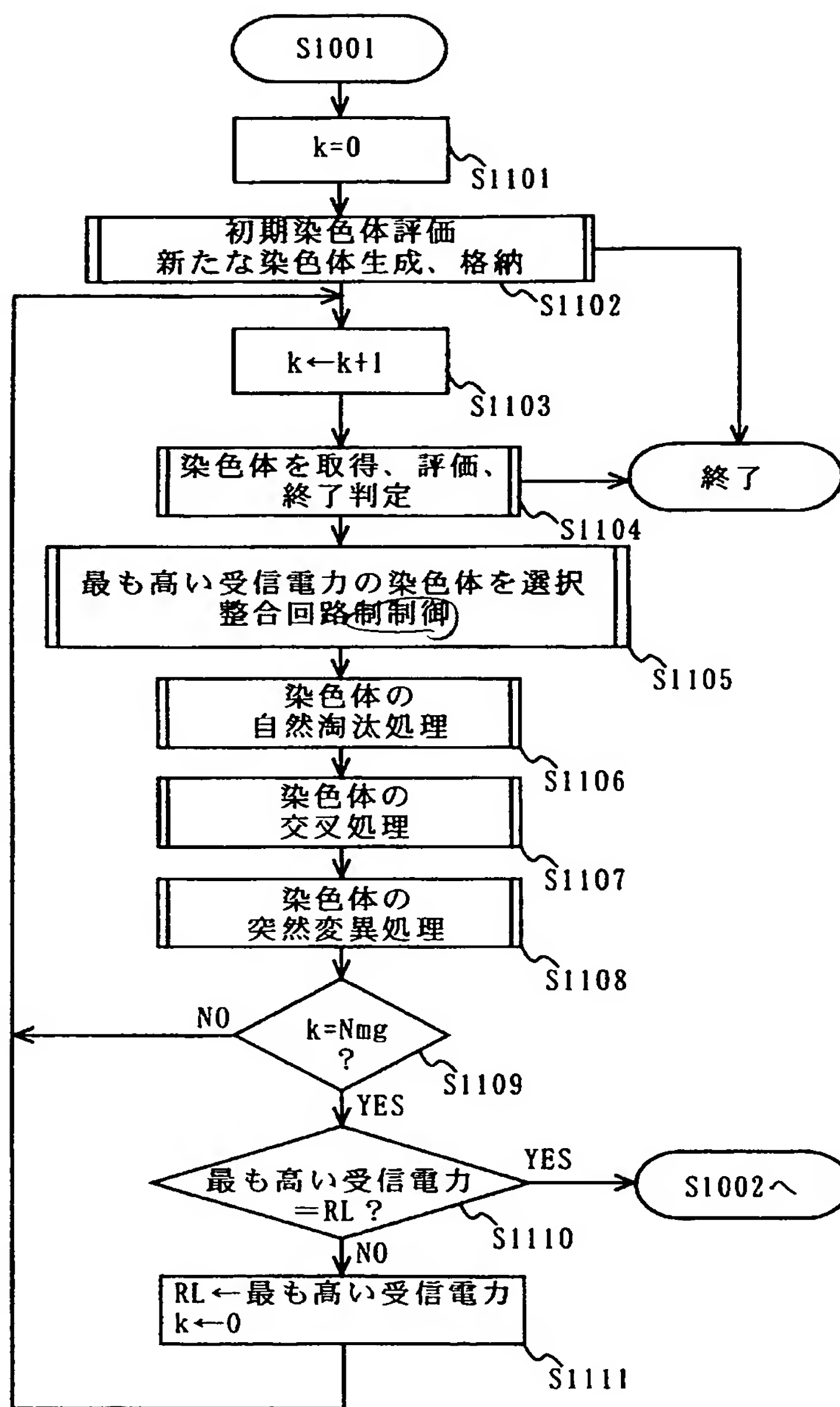
[図21]



[図22]

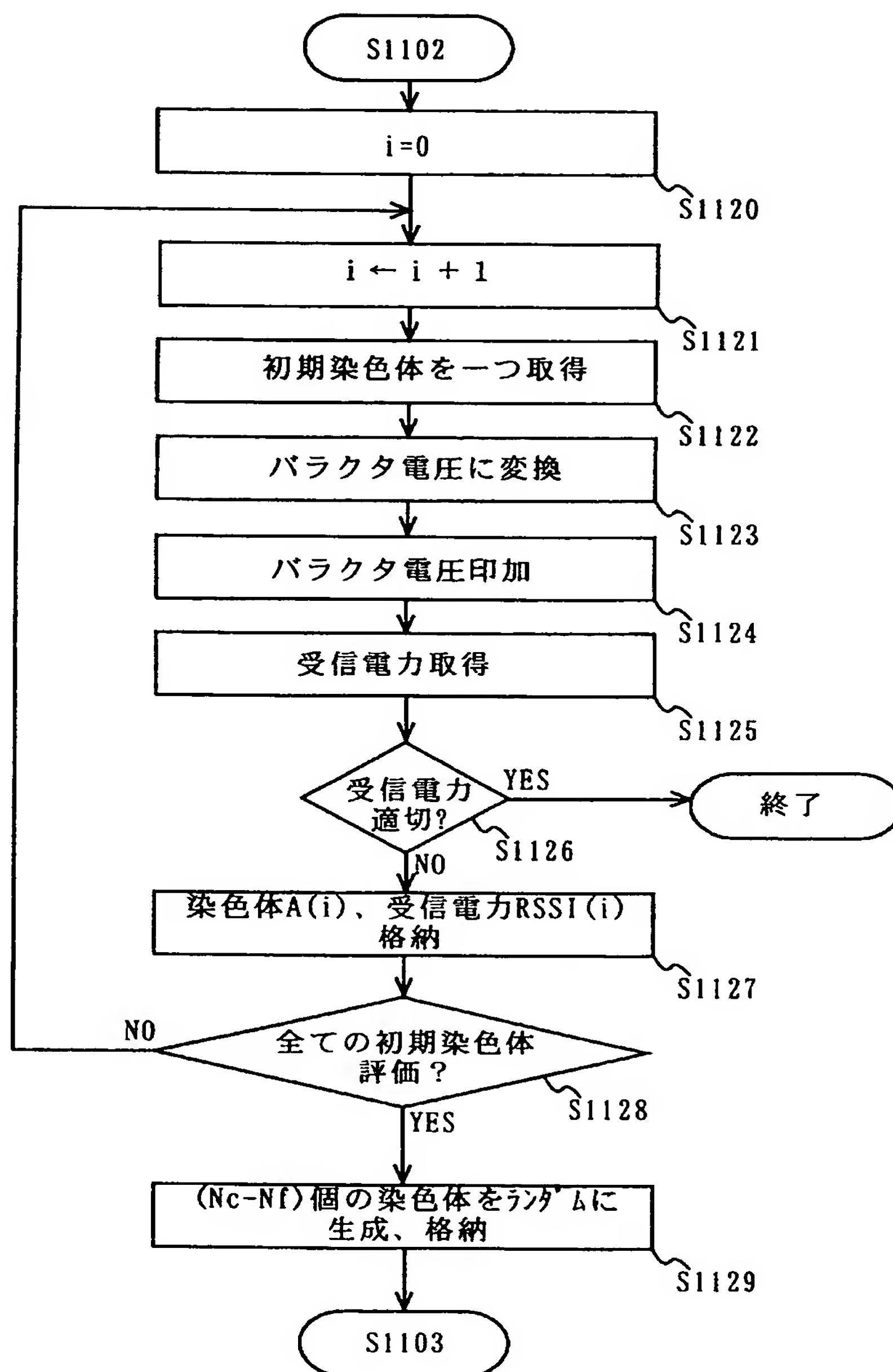


[図23A]

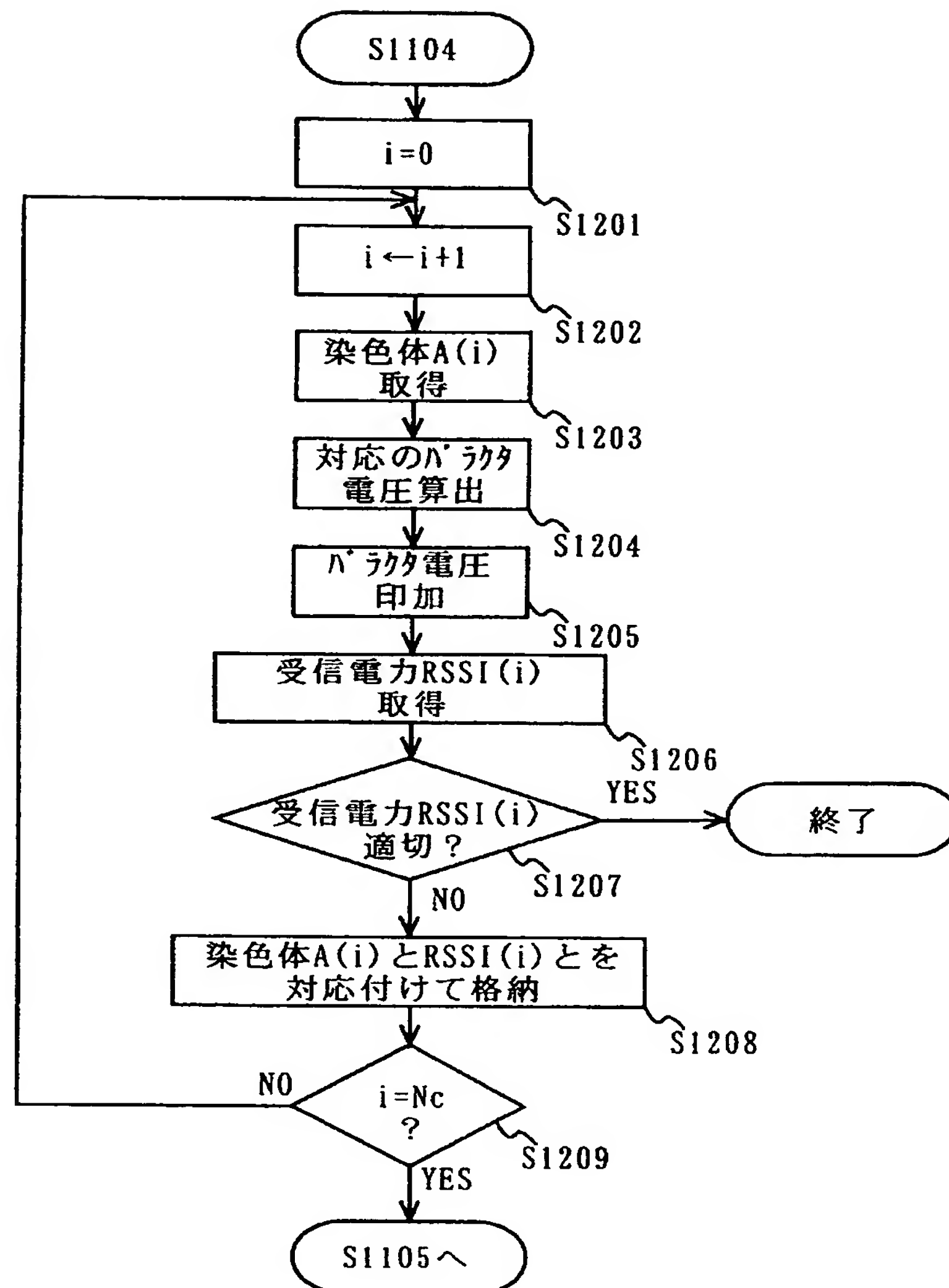




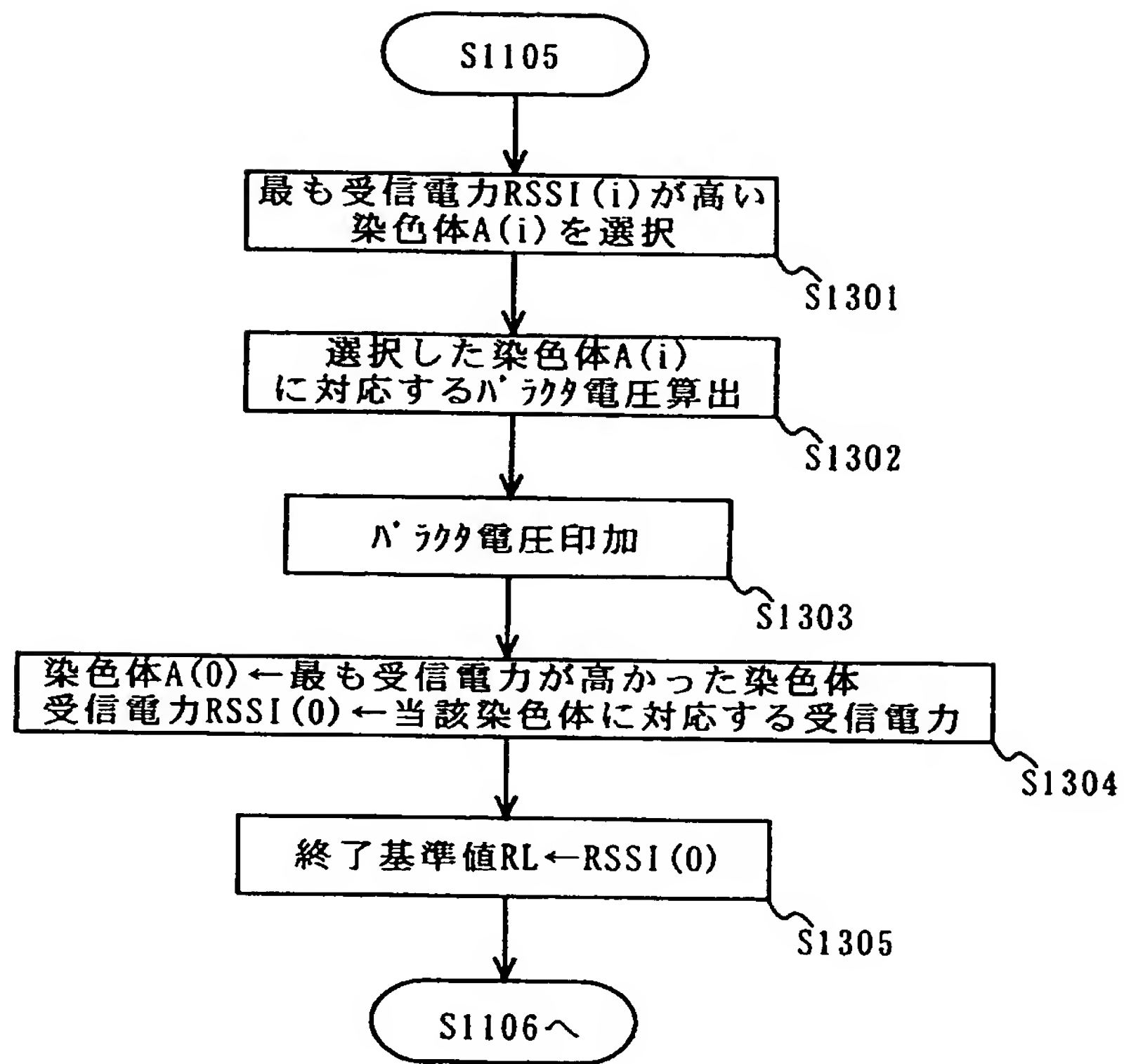
[図23B]



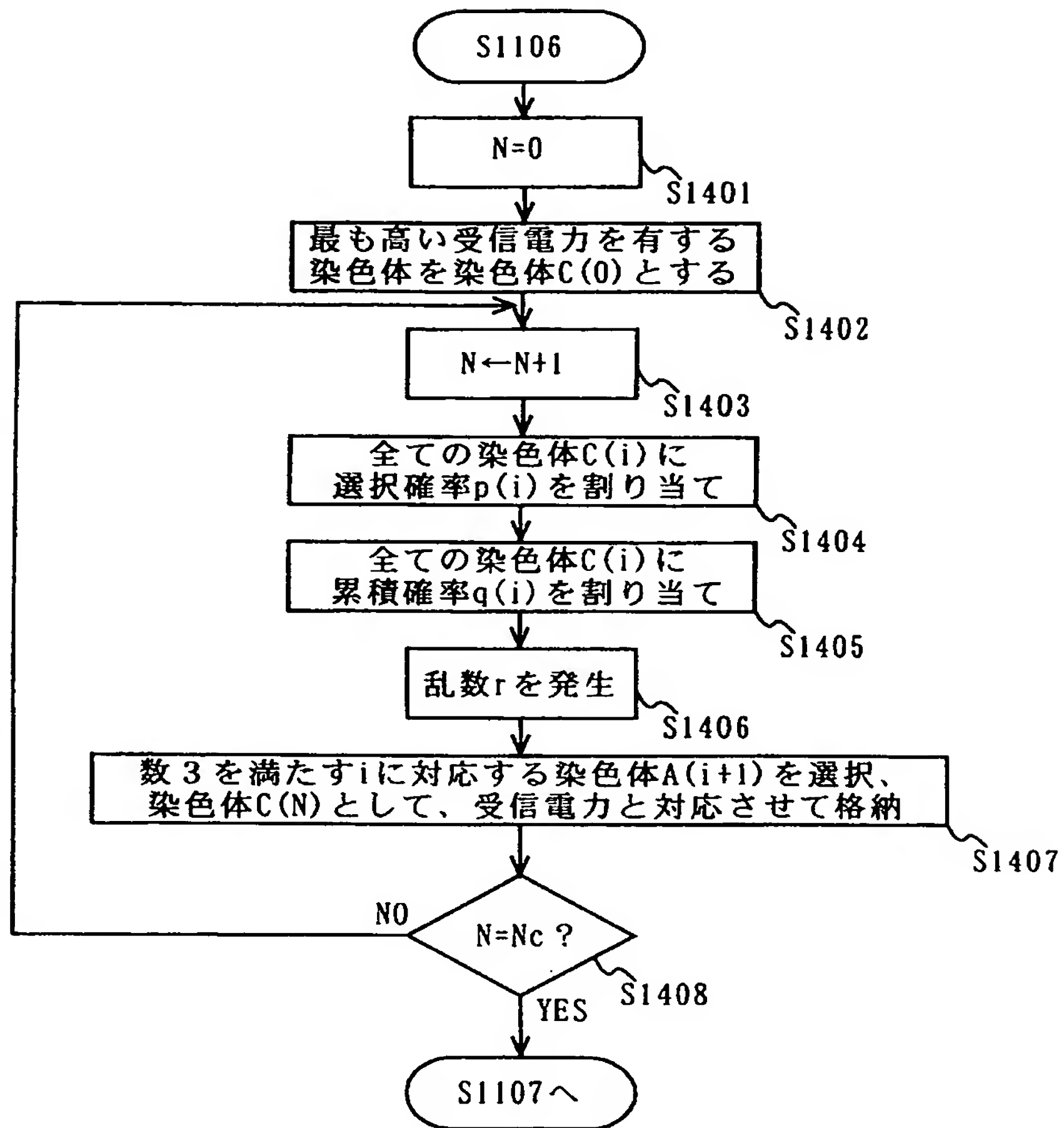
[図24]



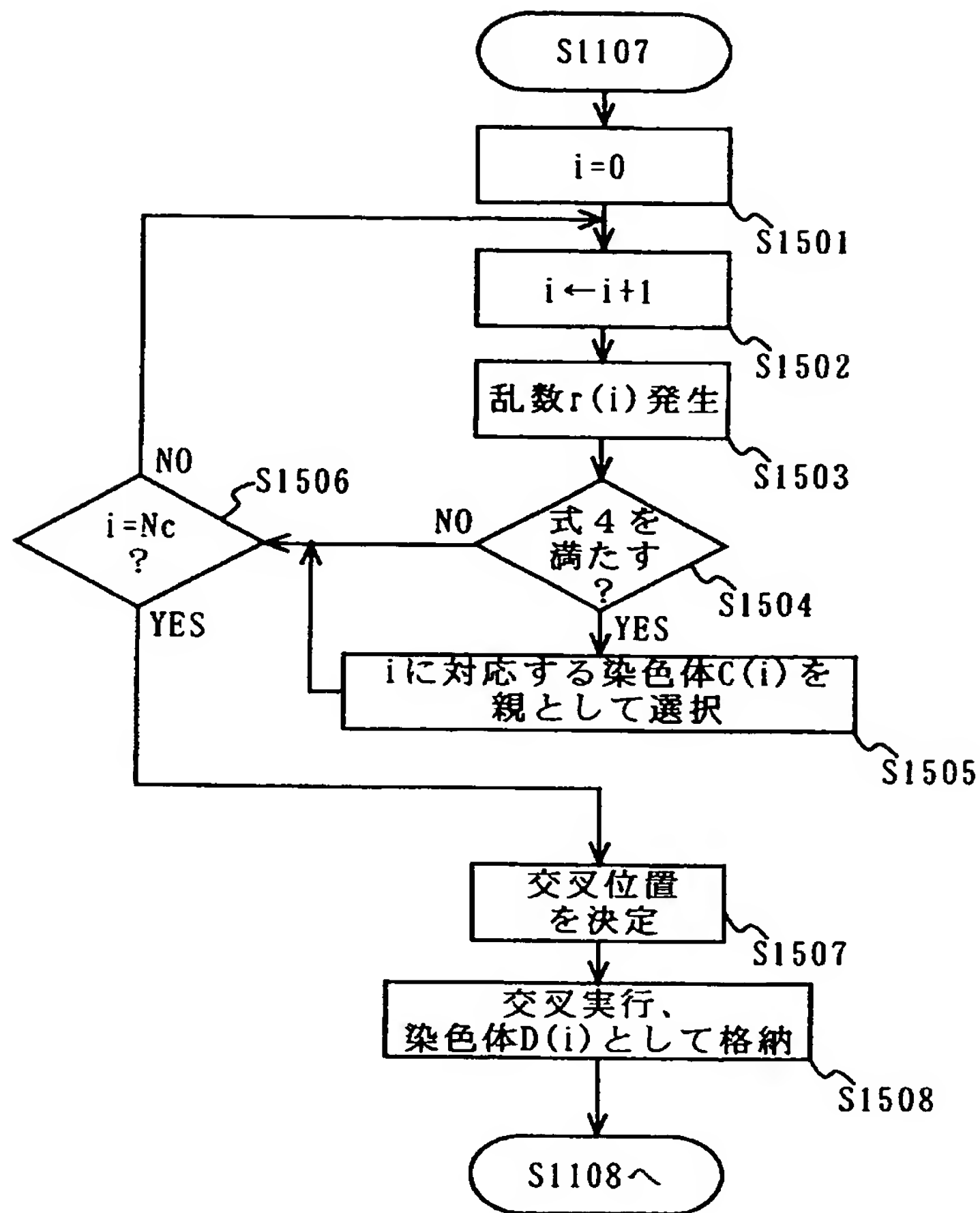
[図25]



[図26]

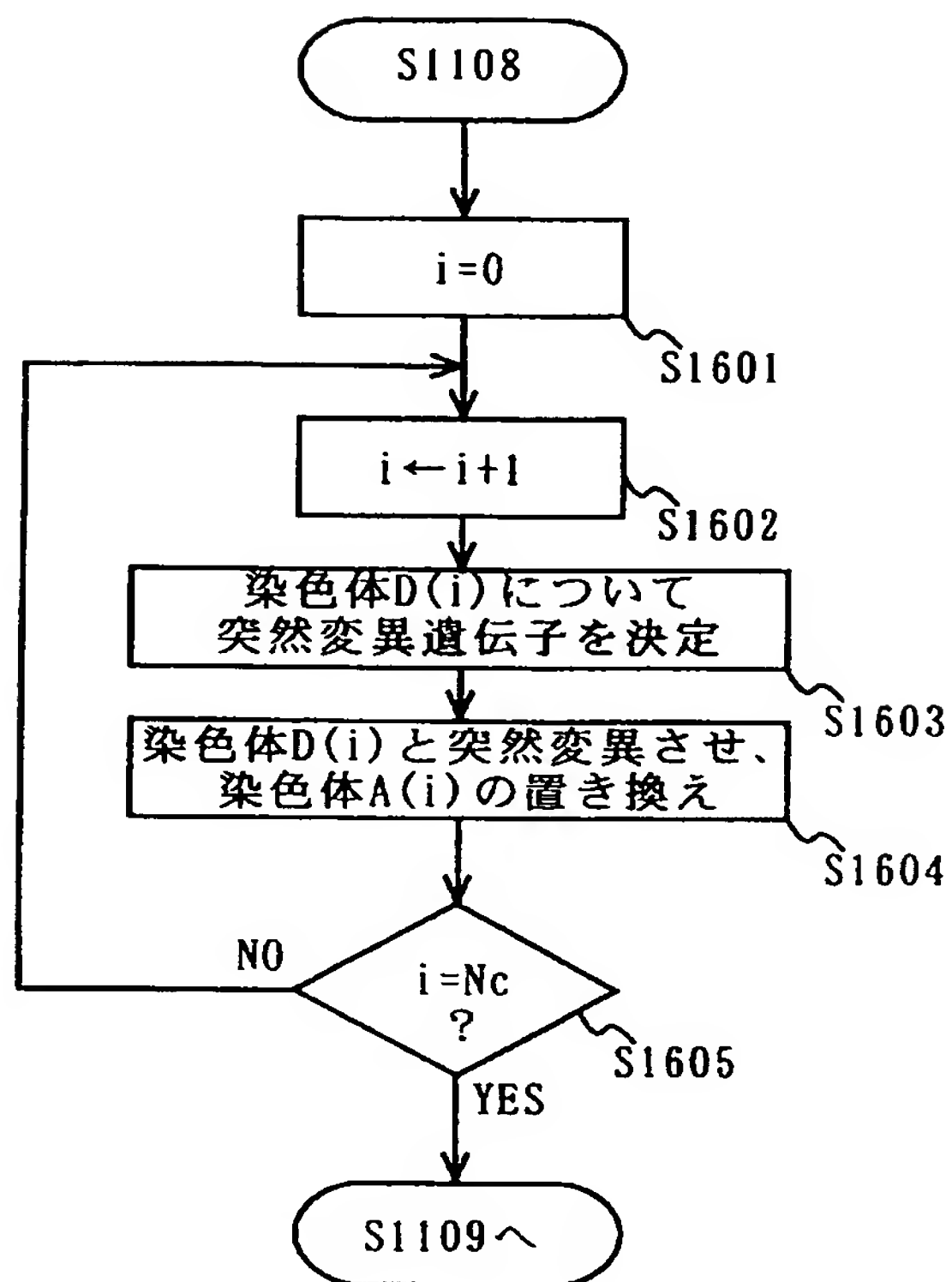


[図27]

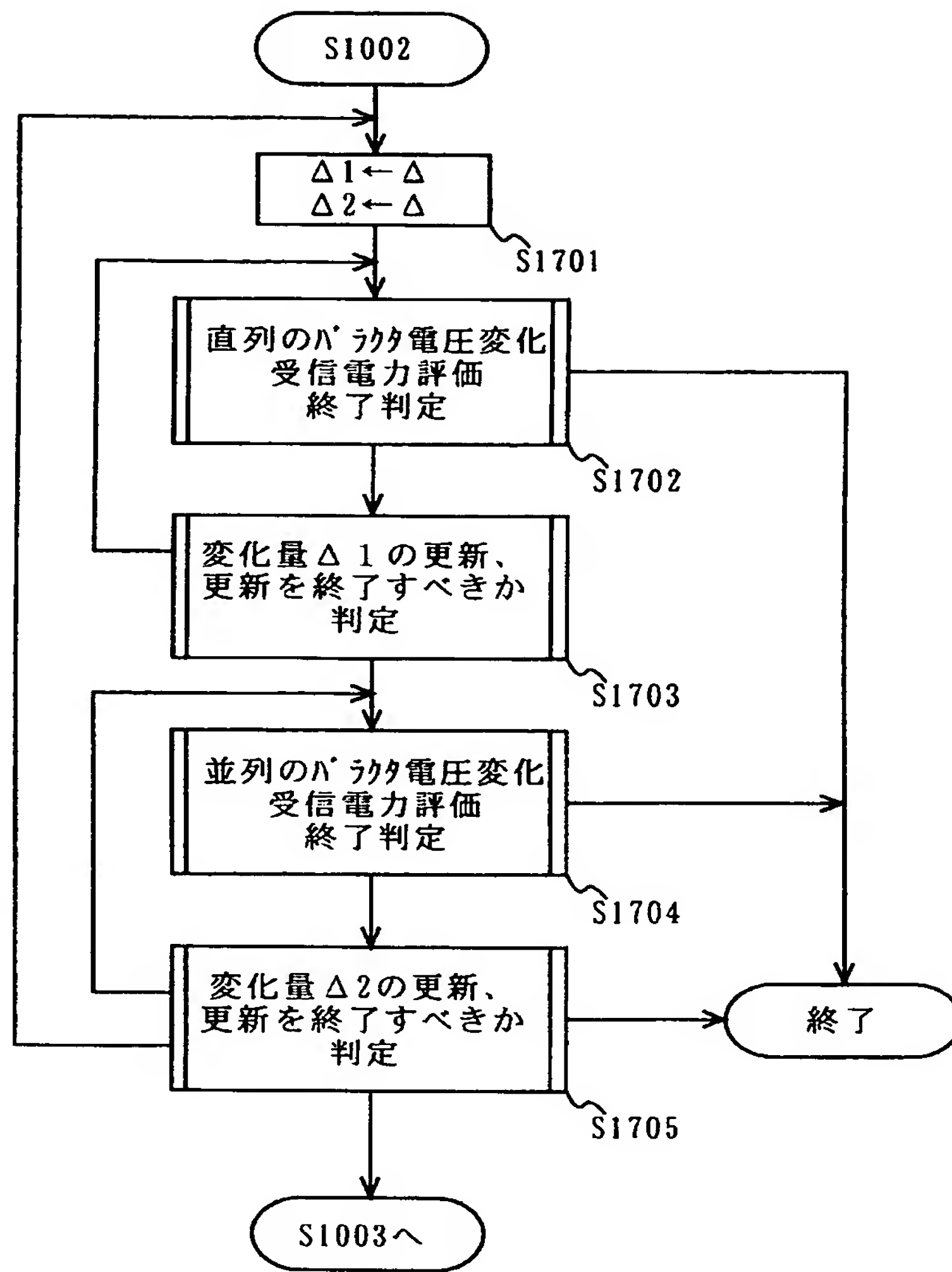




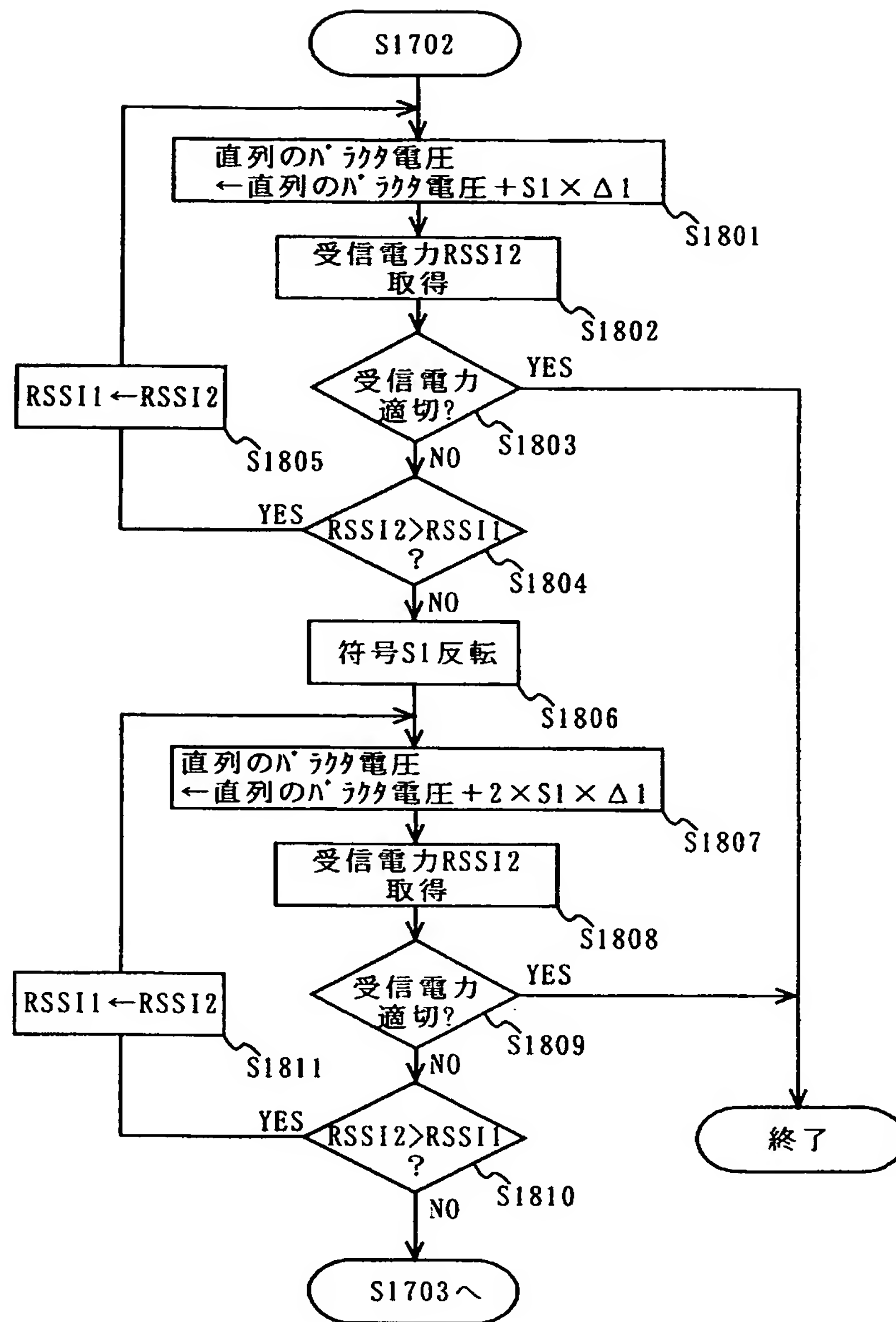
[図28]



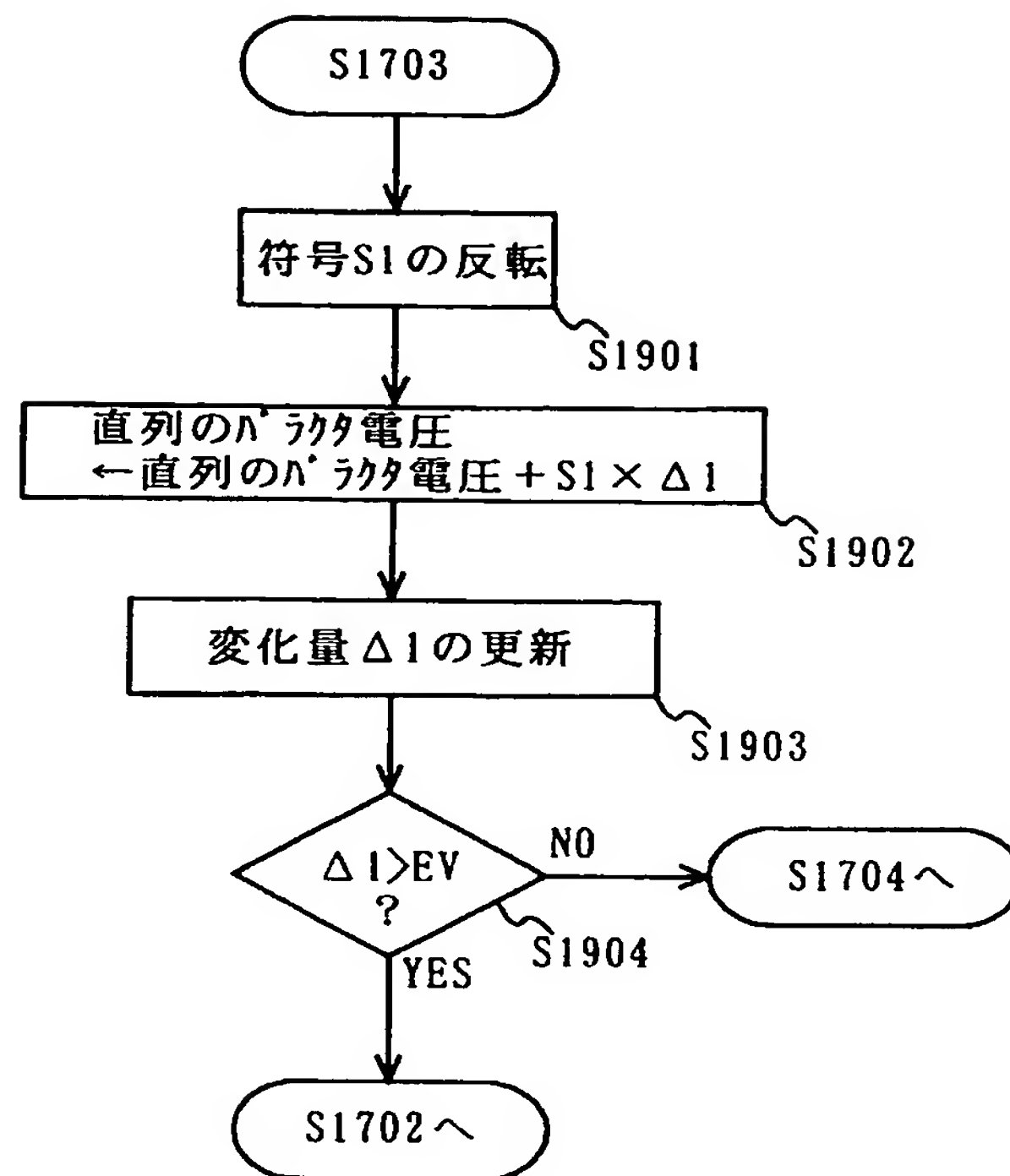
[図29]



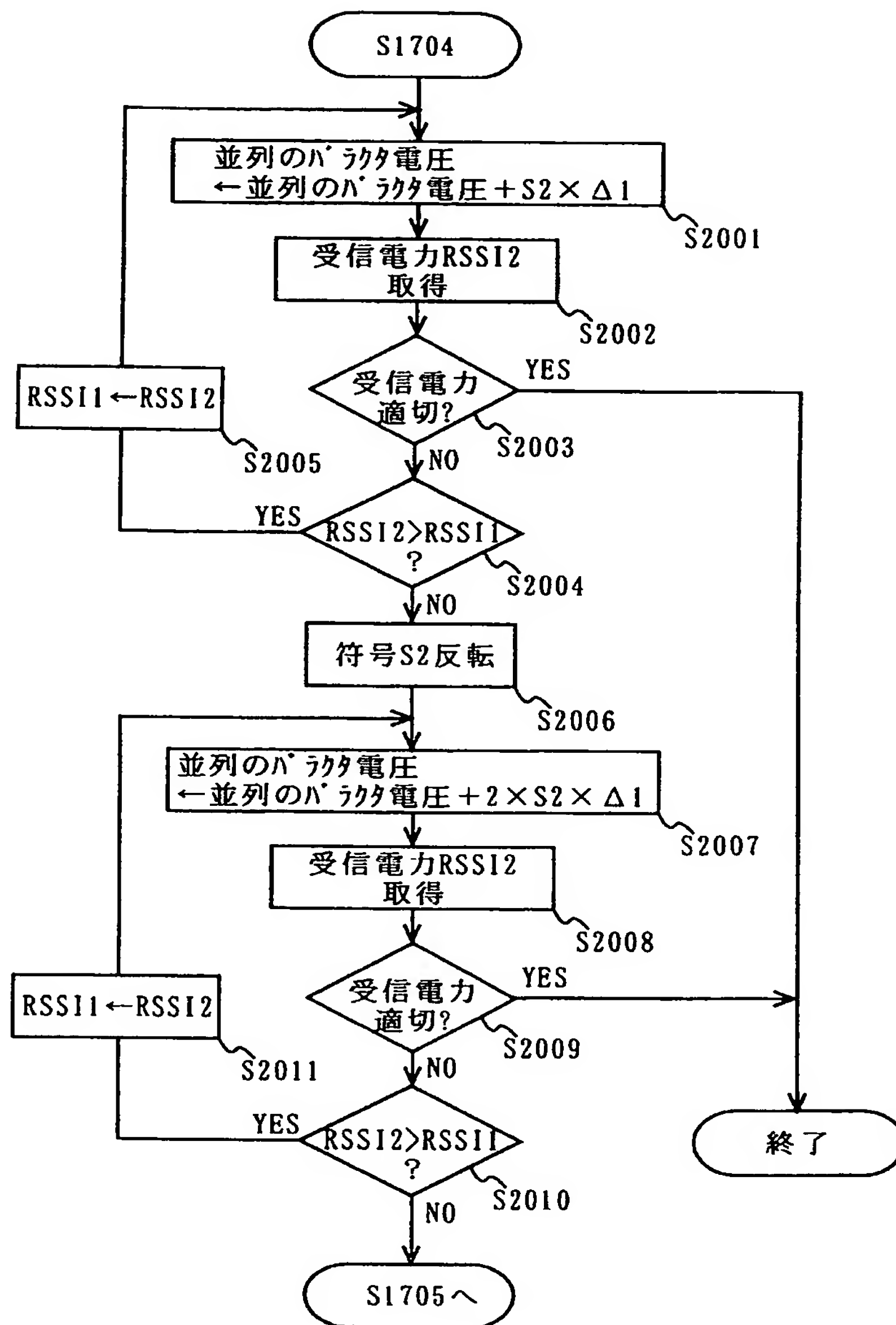
[図30]



[図31]

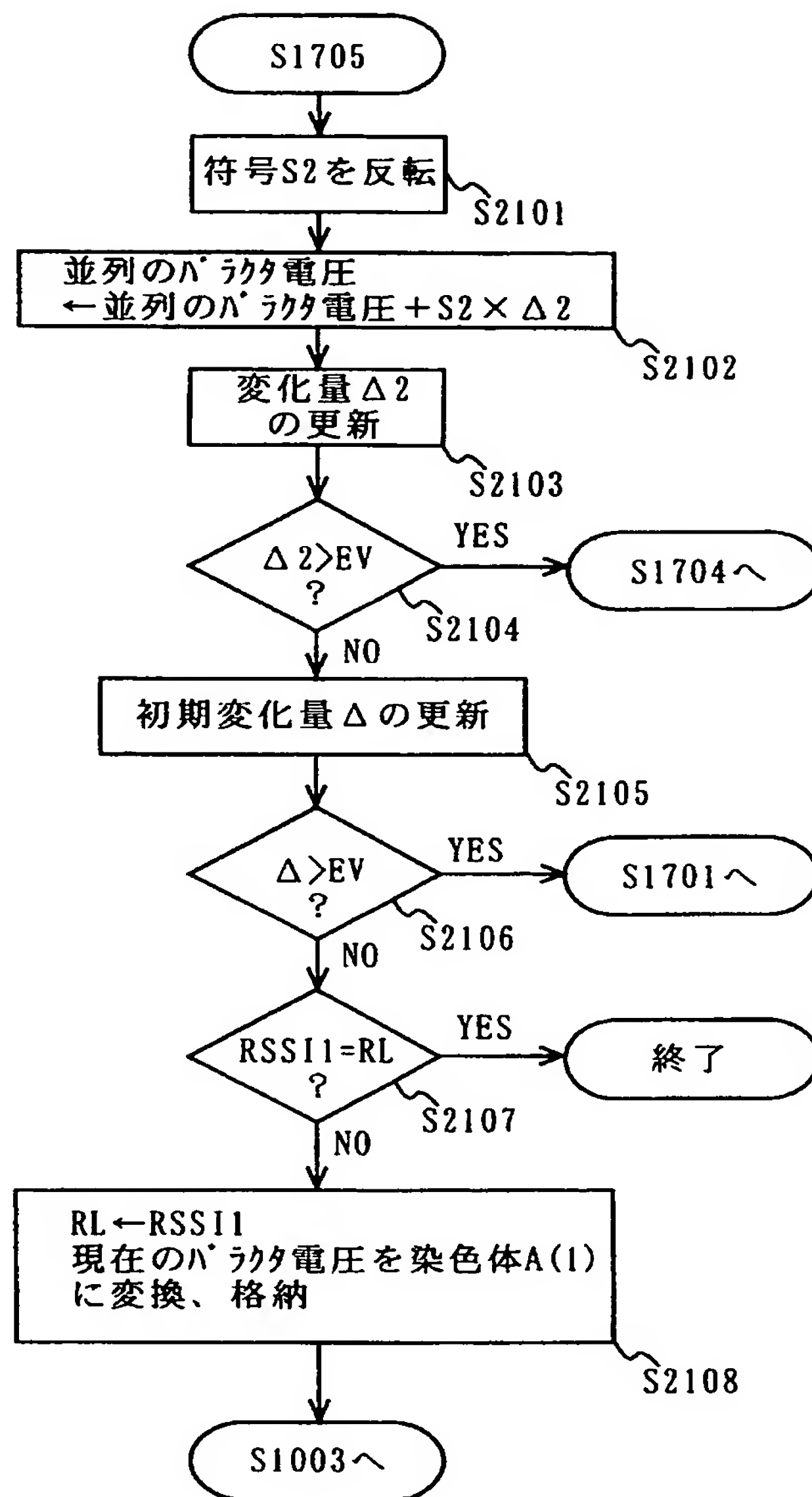


[図32]

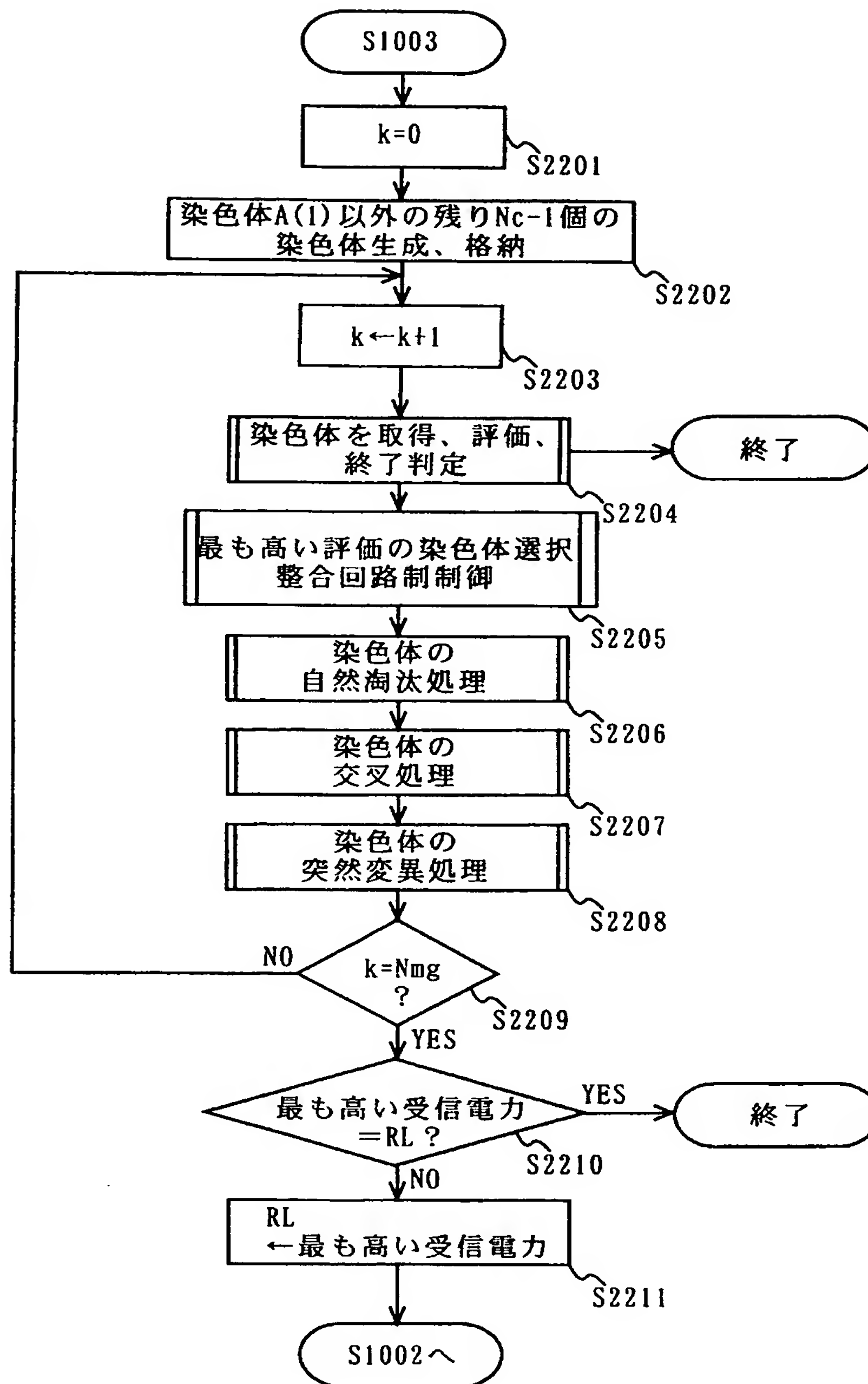




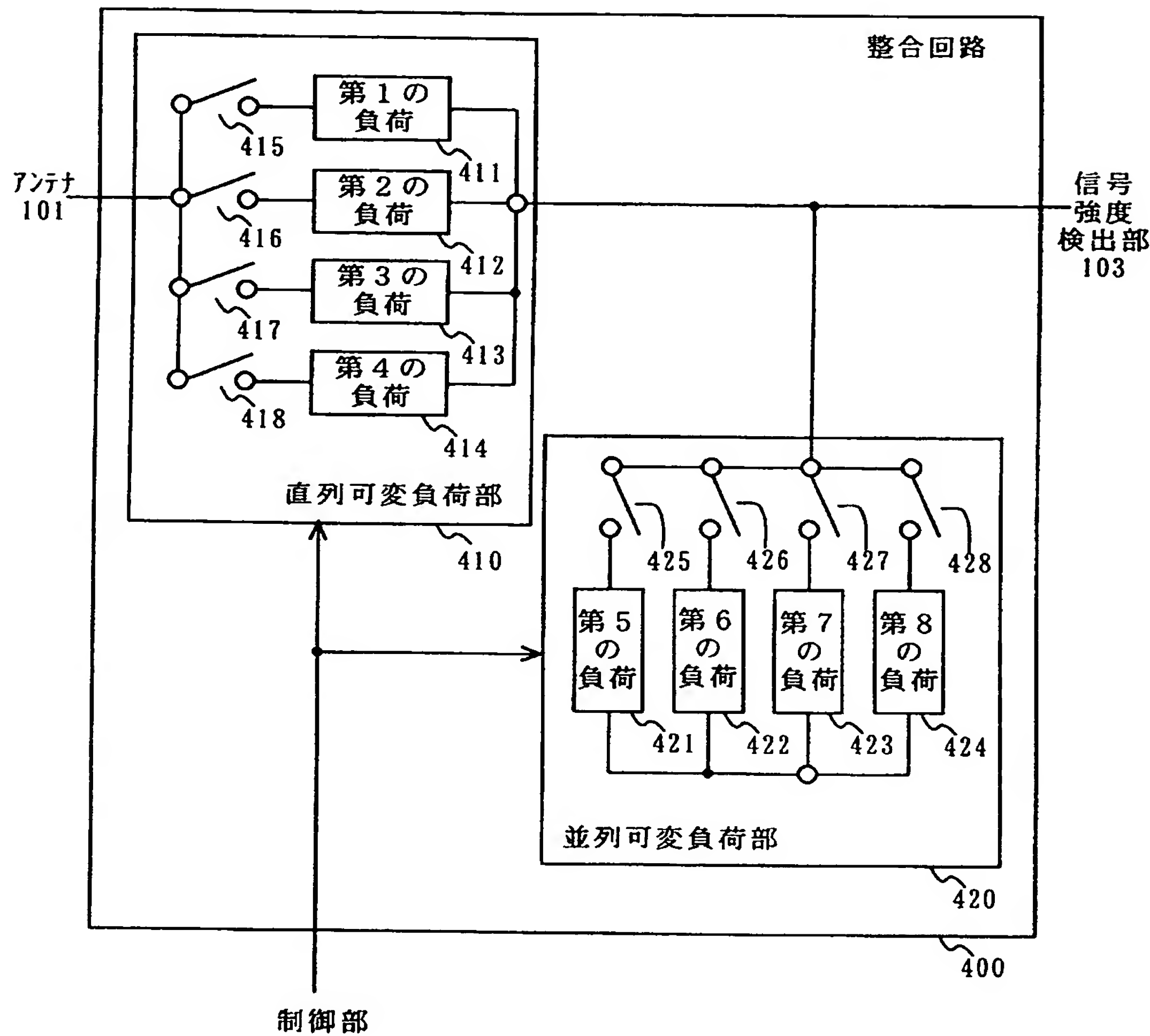
[図33]



[図34]



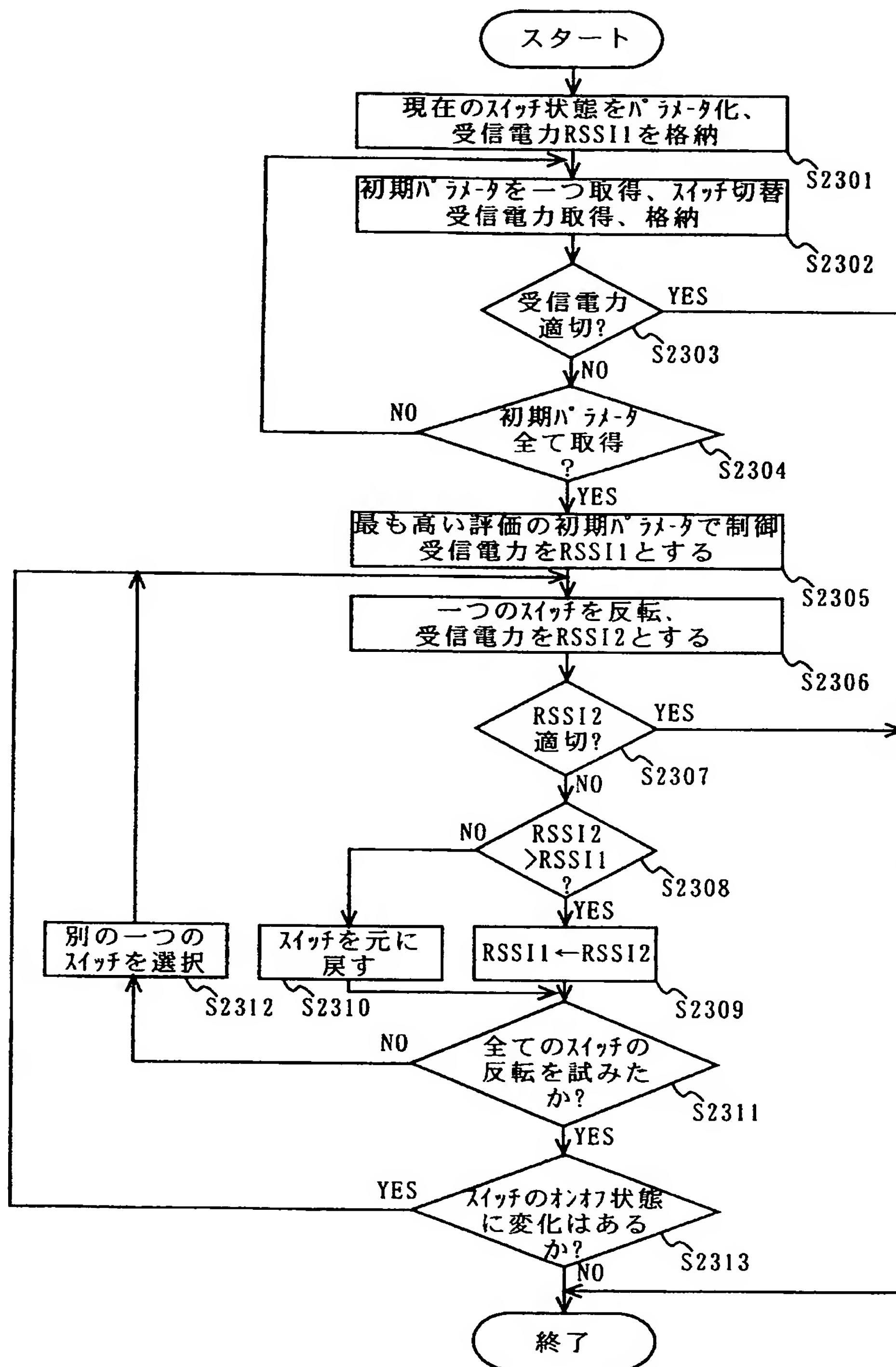
[図35]



[図36]

使用状態初期パラメータテーブル	
初期パラメータ	使用状態
0 1 0 0    0 0 1 0	自由空間
1 1 0 0    0 1 0 1	通話姿勢
1 0 1 0    0 1 1 1	メール姿勢

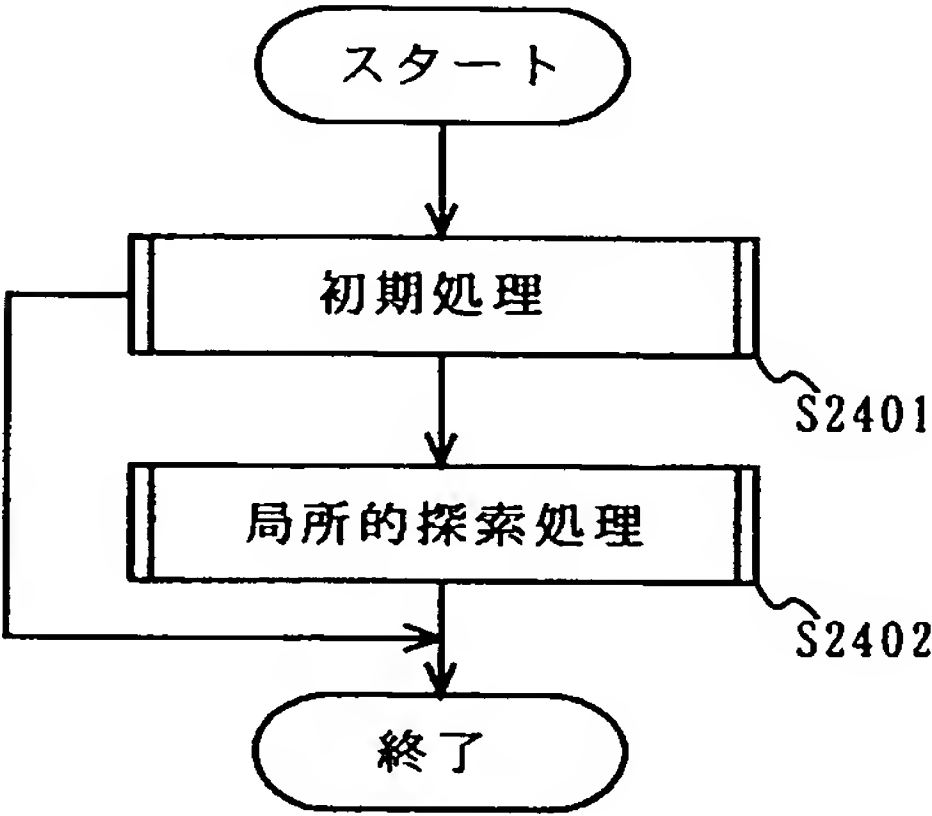
[図37]



[図38]

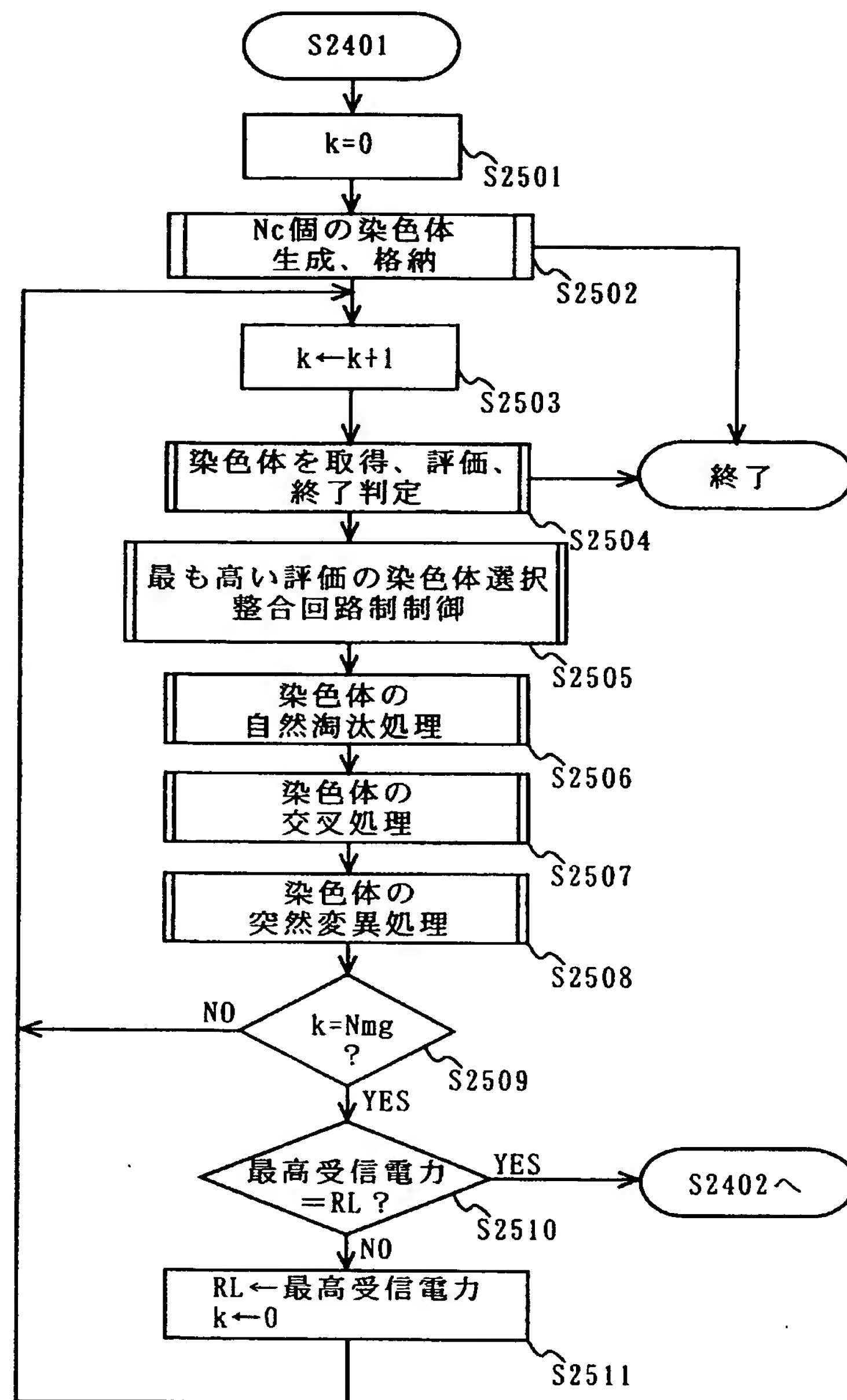
使用状態初期染色体テーブル	
初期染色体	使用状態
0 1 0 0    0 0 1 0	自由空間
1 1 0 0    0 1 0 1	通話姿勢
1 0 1 0    0 1 1 1	メール姿勢

[図39]

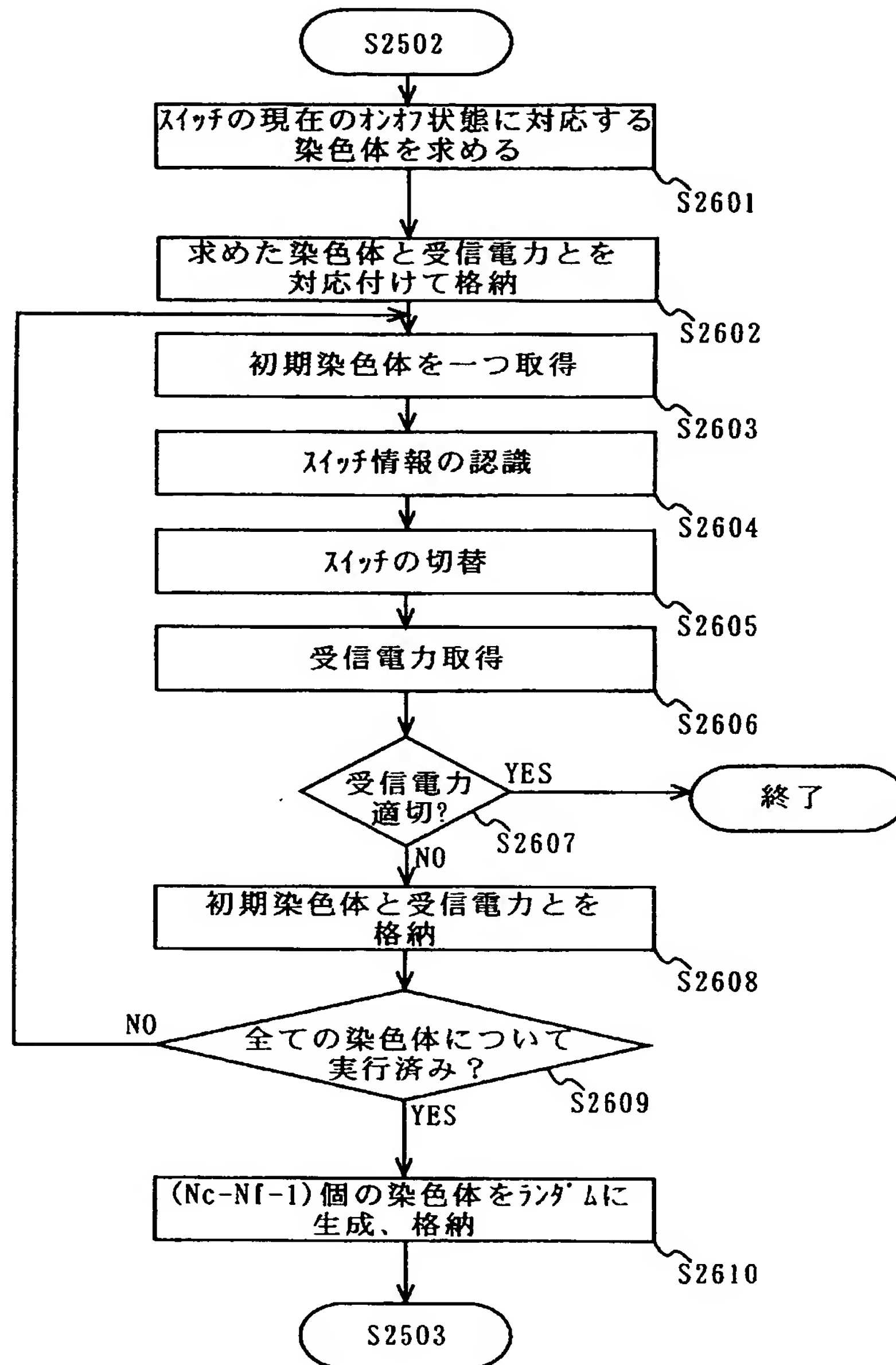




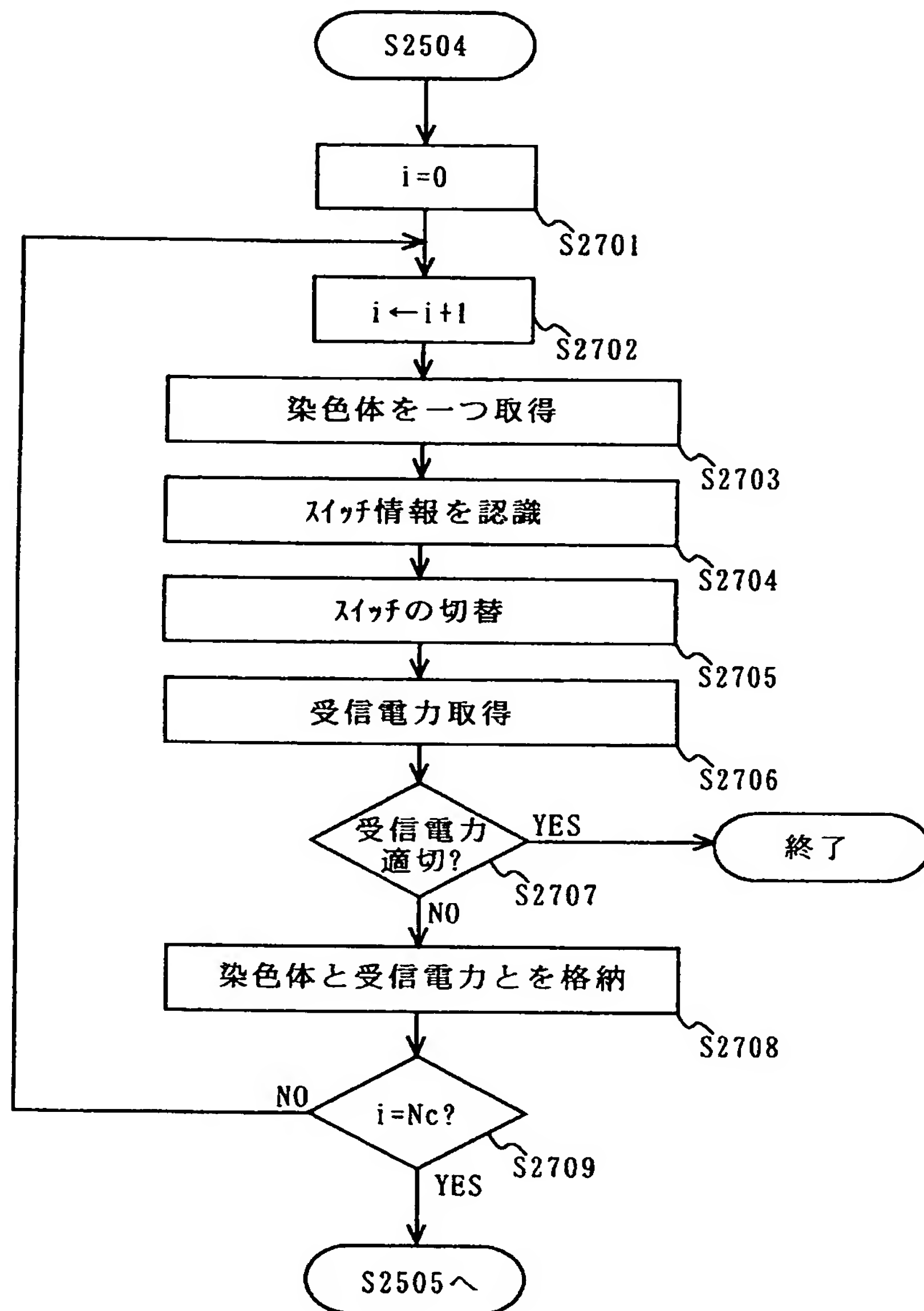
[図40]



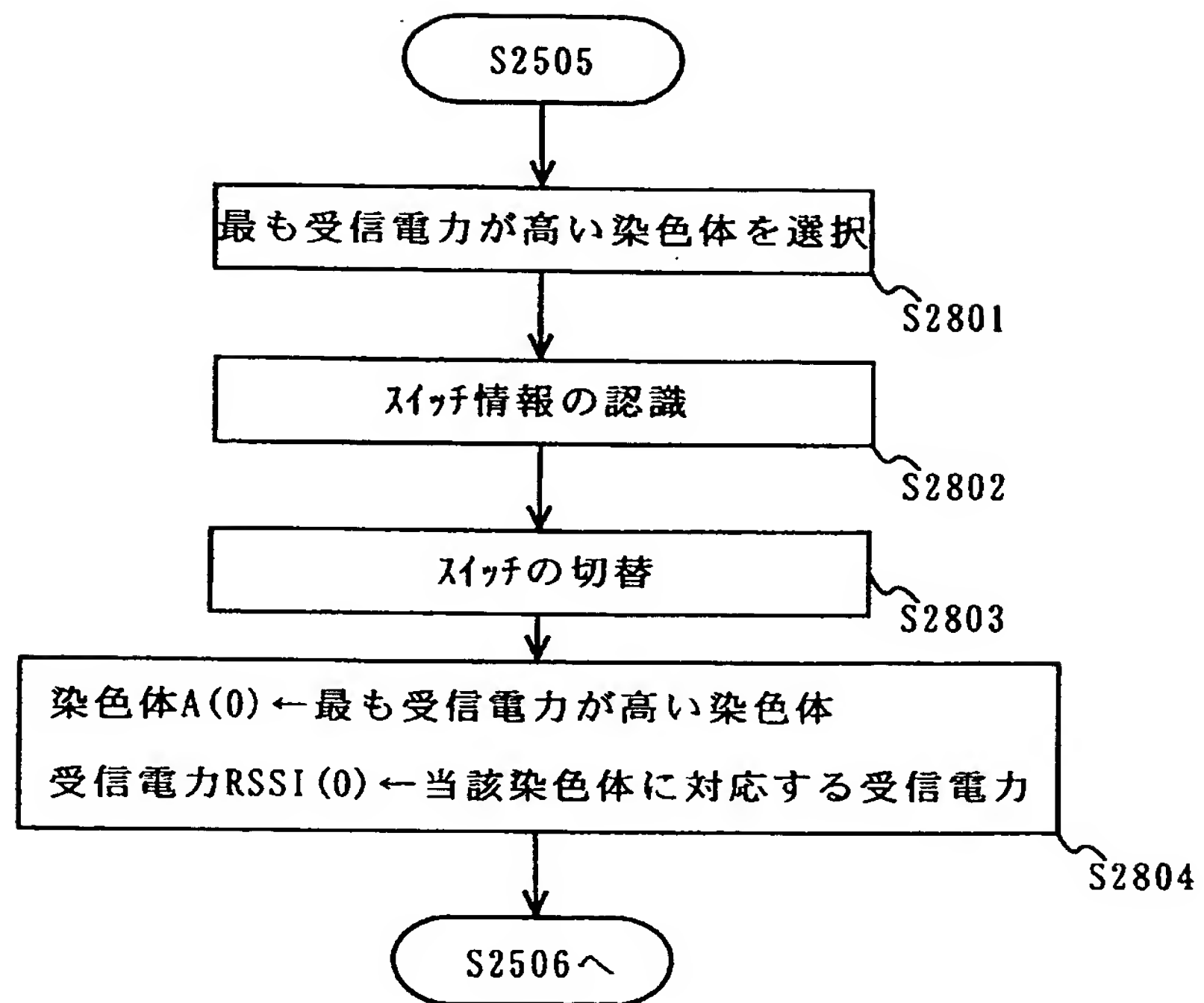
[図41]



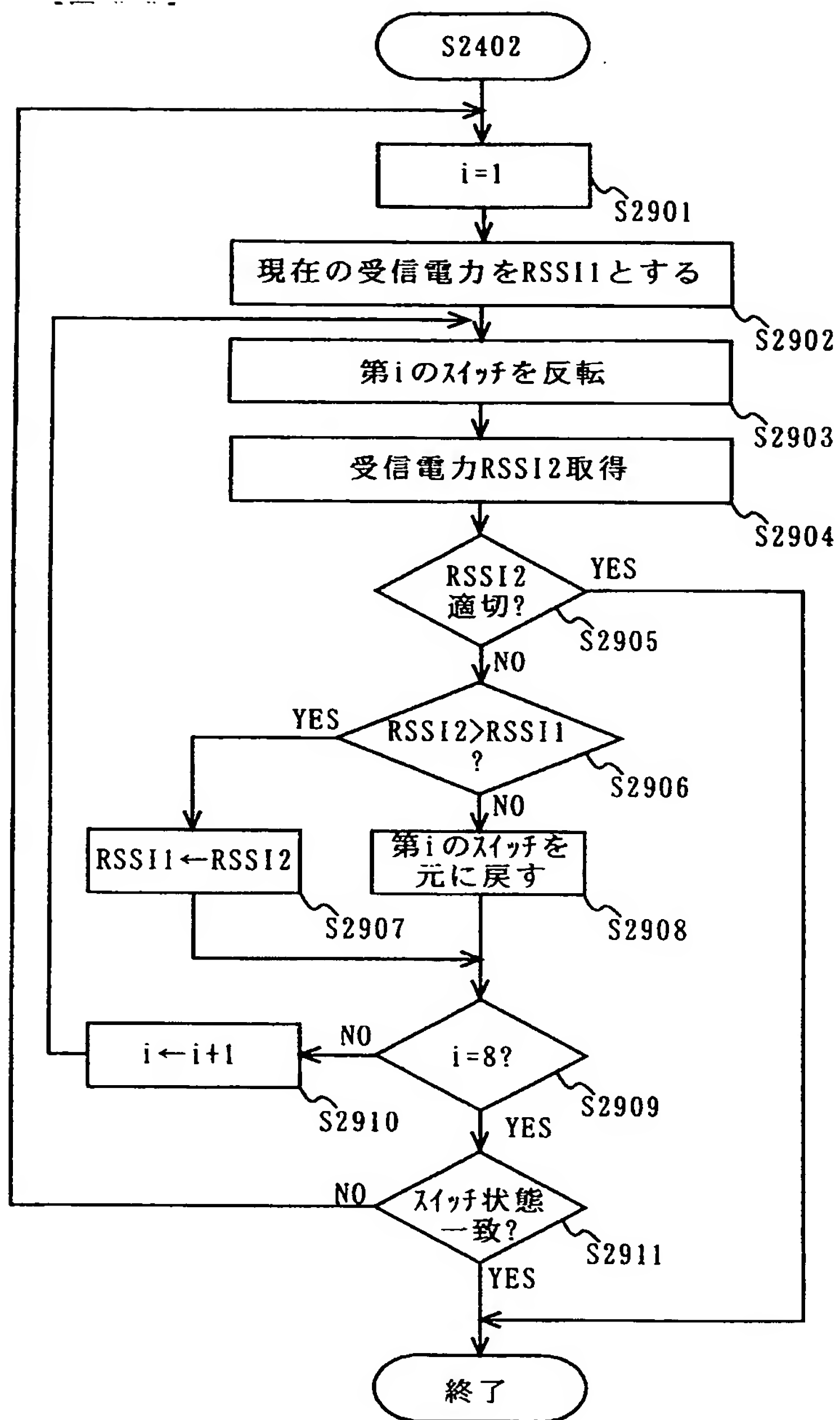
[図42]



[図43]

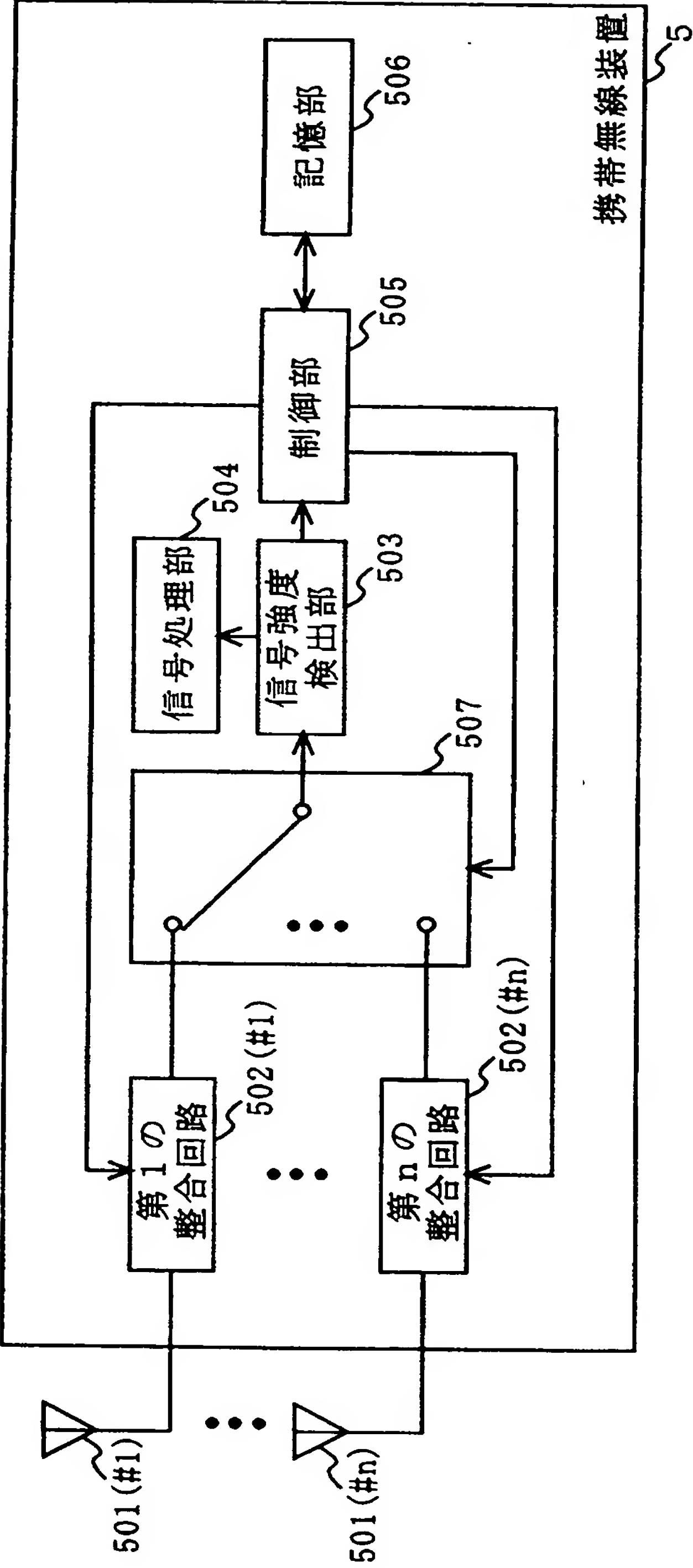


[図44]

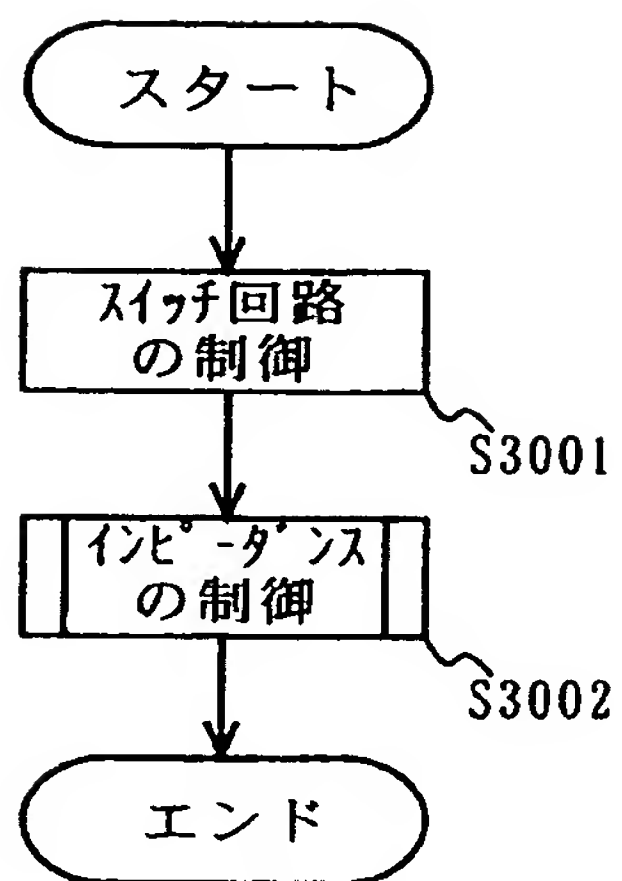




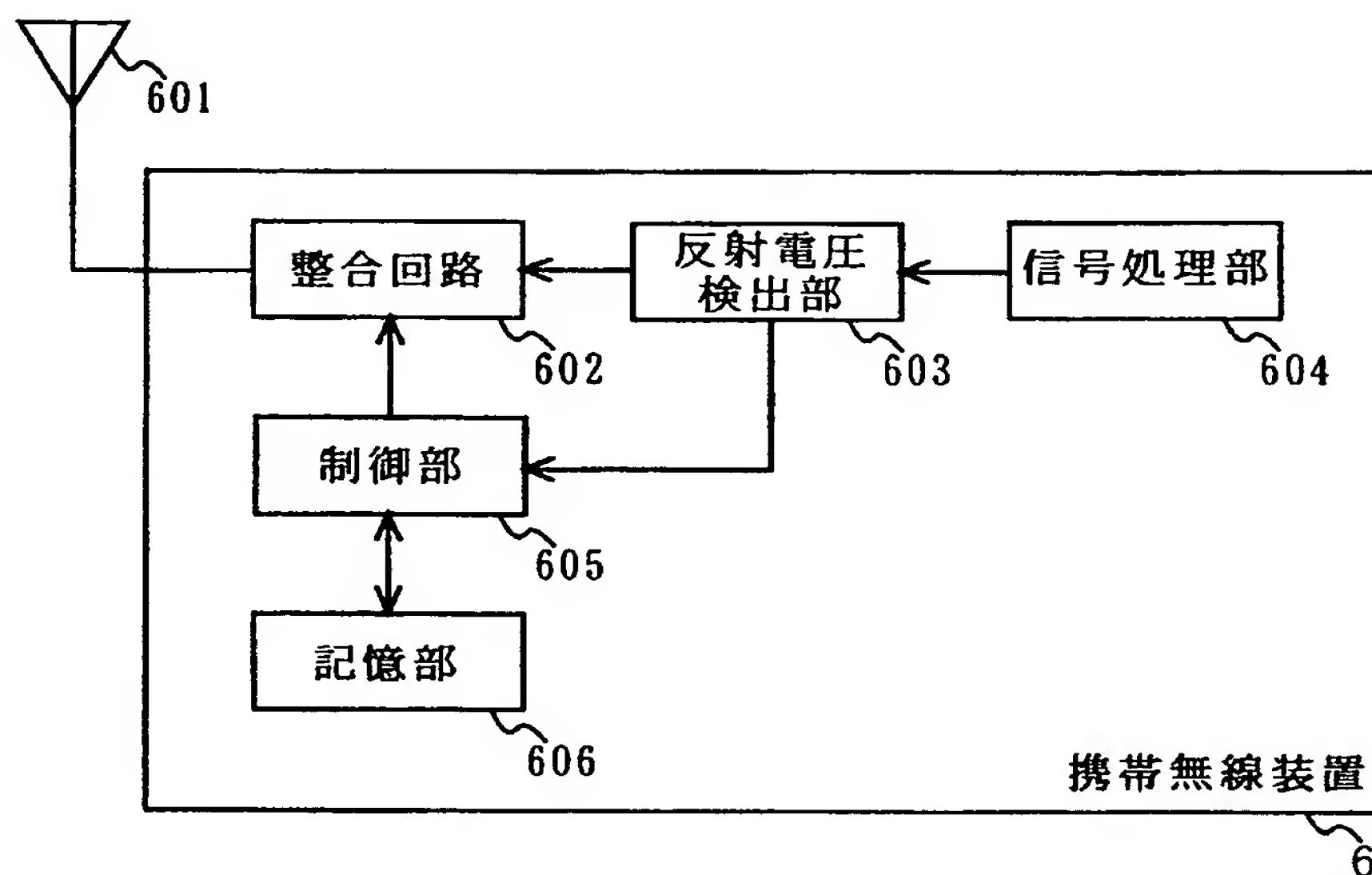
[図45]



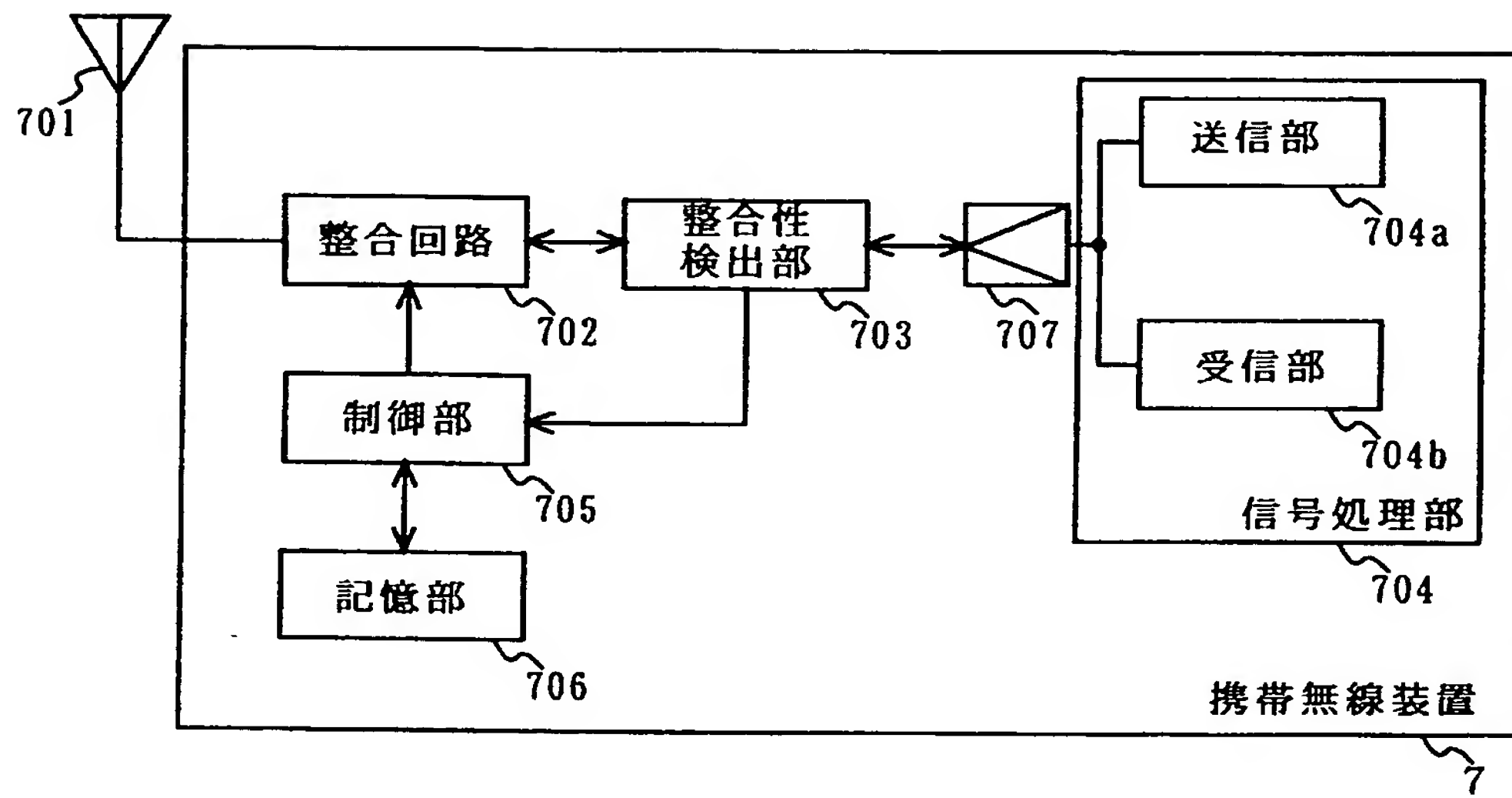
[図46]



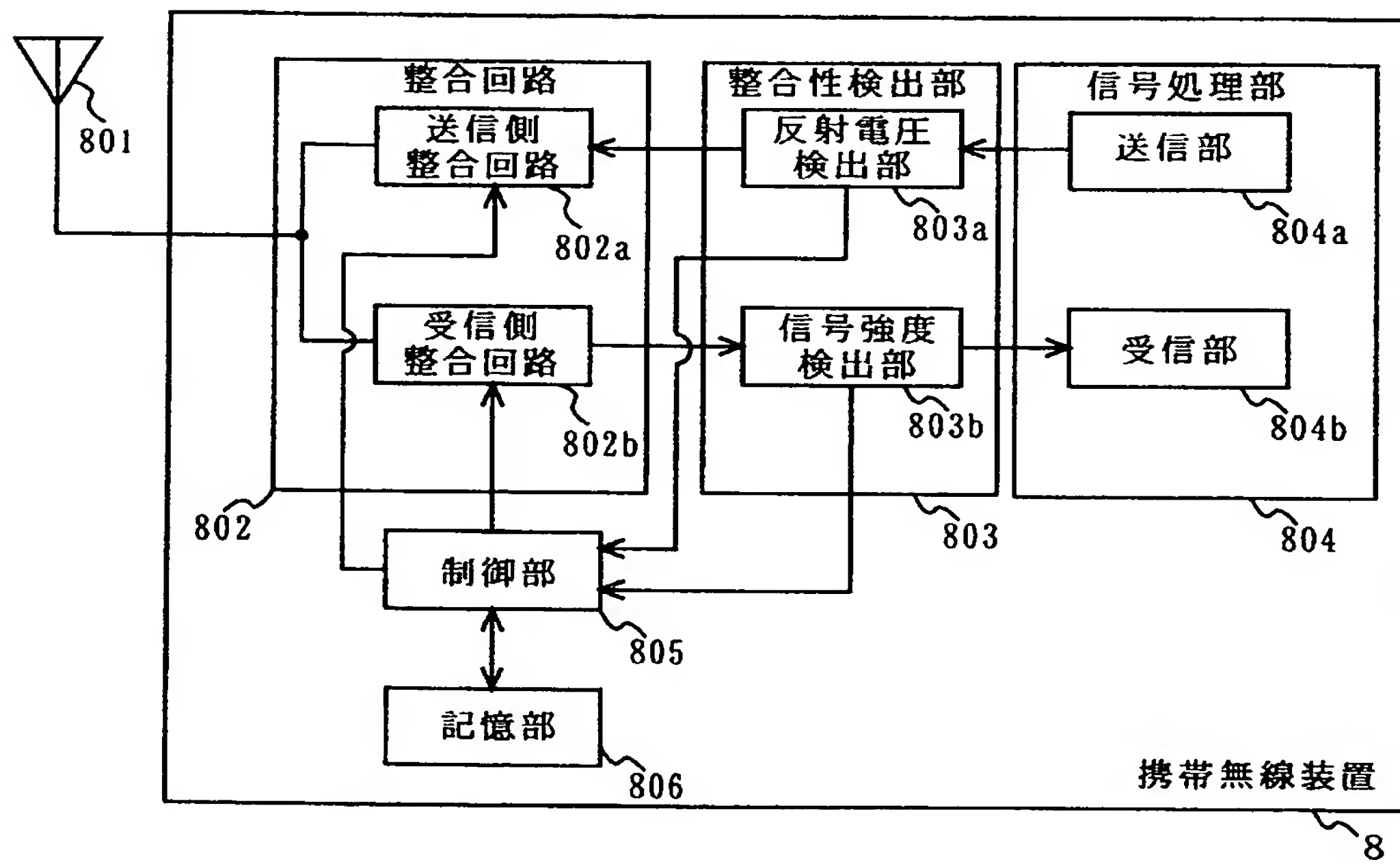
[図47A]



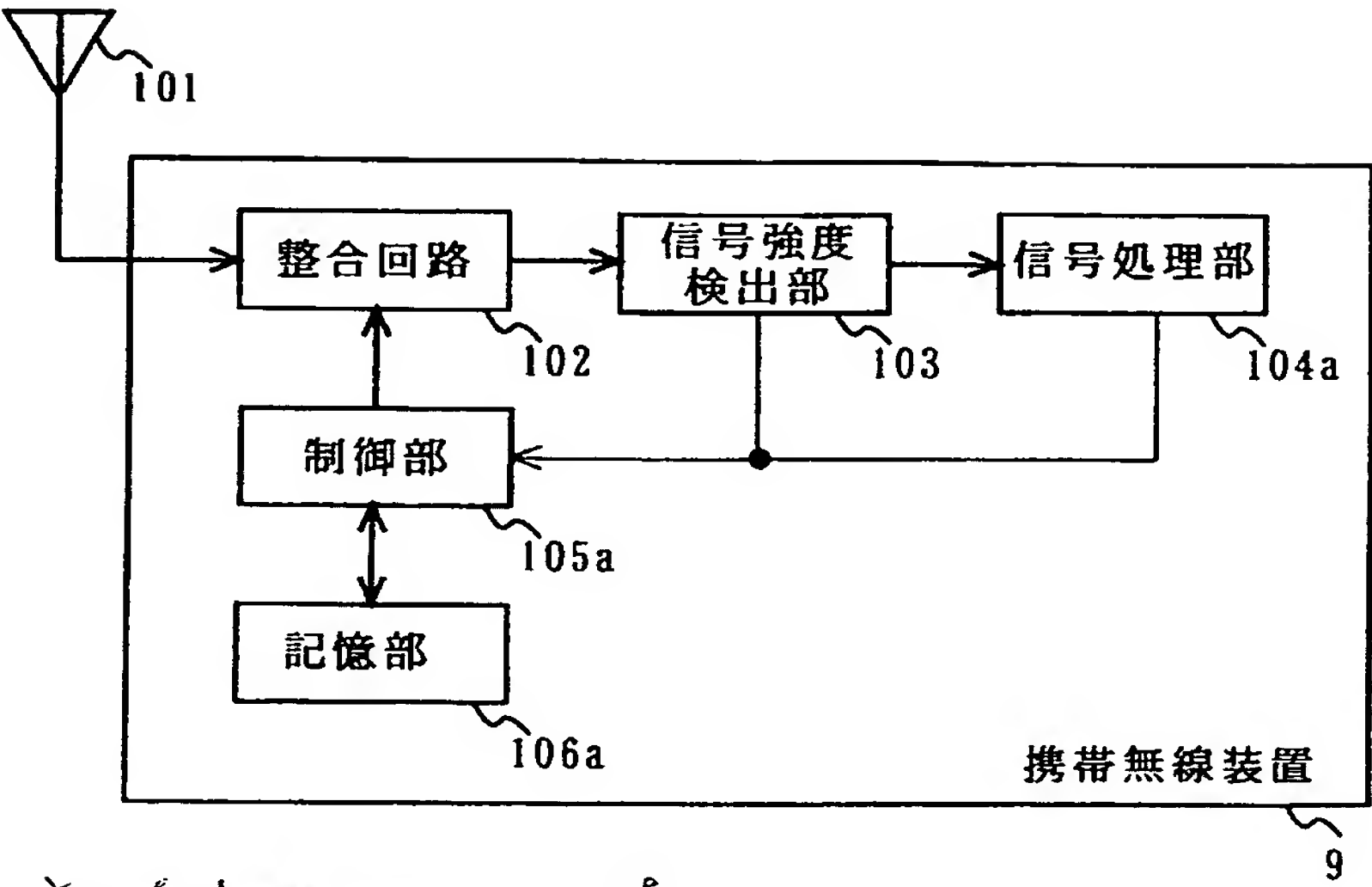
[図47B]



[図47C]



[図48]



Handwritten note: 101はclean copyを保持している。

[図49]

使用状態初期パラメータテーブル			
携帯電話機能用初期負荷値			使用状態
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
A(1)	3.0V	1.0V	自由空間
A(2)	2.5V	1.5V	通話姿勢
A(3)	2.0V	3.0V	メール姿勢

[図50]

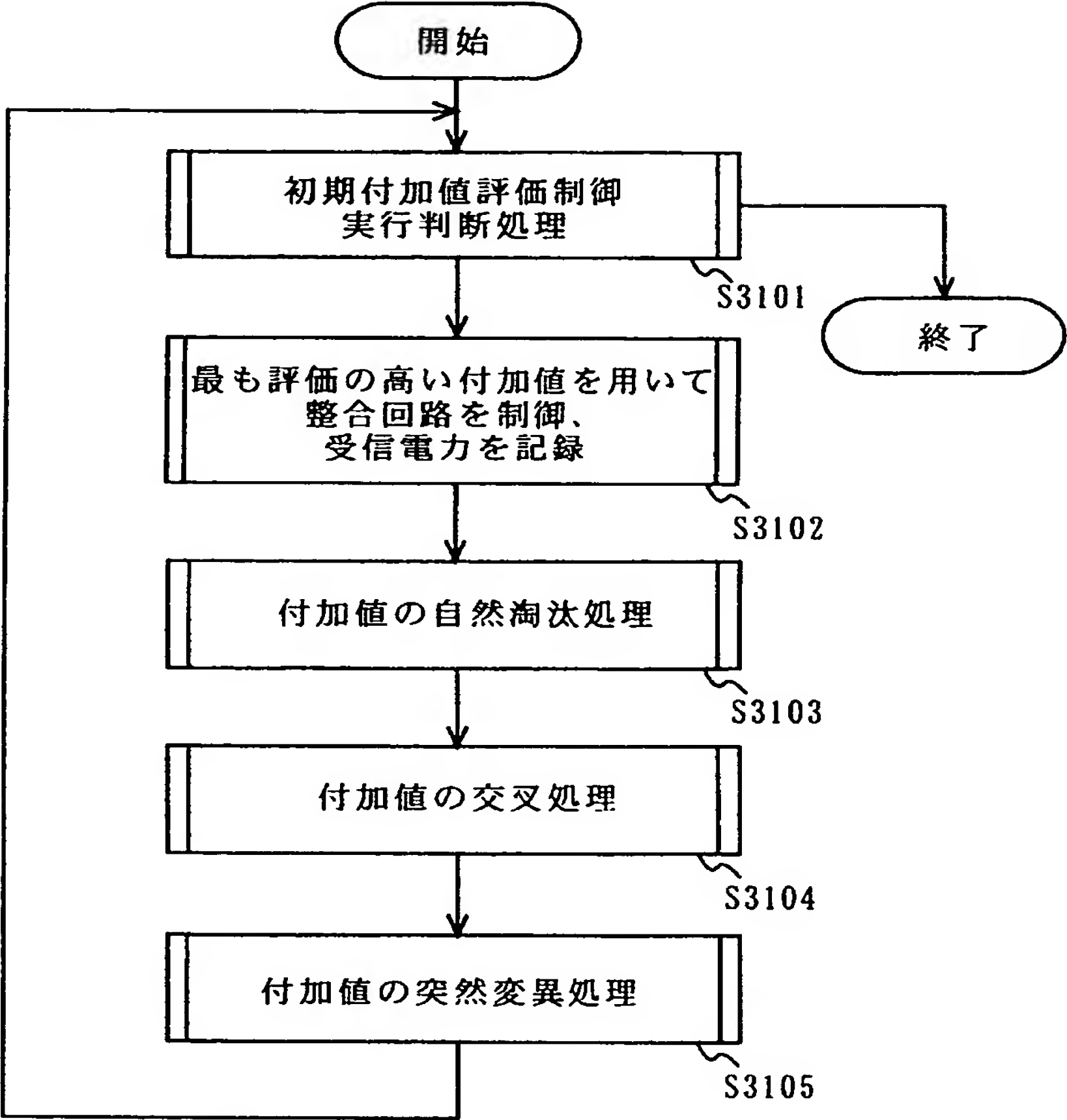
使用状態初期パラメータテーブル			
DTV用初期負荷値			使用状態
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
AD(1)	2.0V	2.5V	自由空間
AD(2)	1.5V	2.0V	片手持ち
AD(3)	1.7V	1.3V	両手持ち
AD(4)	1.3V	0.7V	机上

[図51]

使用状態初期パラメータテーブル			
無線LAN用初期負荷値			使用状態
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
AW(1)	1.7V	2.3V	自由空間
AW(2)	1.6V	1.9V	片手持ち
AW(3)	1.5V	1.0V	両手持ち



[図52]



[図53]

付加値受信テーブル			
無線LAN用初期負荷値			受信電力
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
BW(1)	1.7V	2.3V	R S S S I 1
BW(2)	1.7V	2.3V	R S S S I 2
BW(3)	1.6V	1.9V	R S S S I 3
BW(4)	1.5V	1.0V	R S S S I 4

[図54]

付加値受信テーブル			
無線LAN用初期負荷値			受信電力
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
CW(1)	1.7V	2.3V	R S S S I 2
CW(2)	1.7V	2.3V	R S S S I 1
CW(3)	1.7V	2.3V	R S S S I 2
CW(4)	1.5V	1.0V	R S S S I 4

[図55]

付加値受信テーブル		
無線LAN用初期負荷値		
番号	バラクタ電圧	
	206	207
DW(1)	1.7V	2.3V
DW(2)	1.7V	2.3V
DW(3)	1.6V	1.65V
DW(4)	1.55V	1.33V

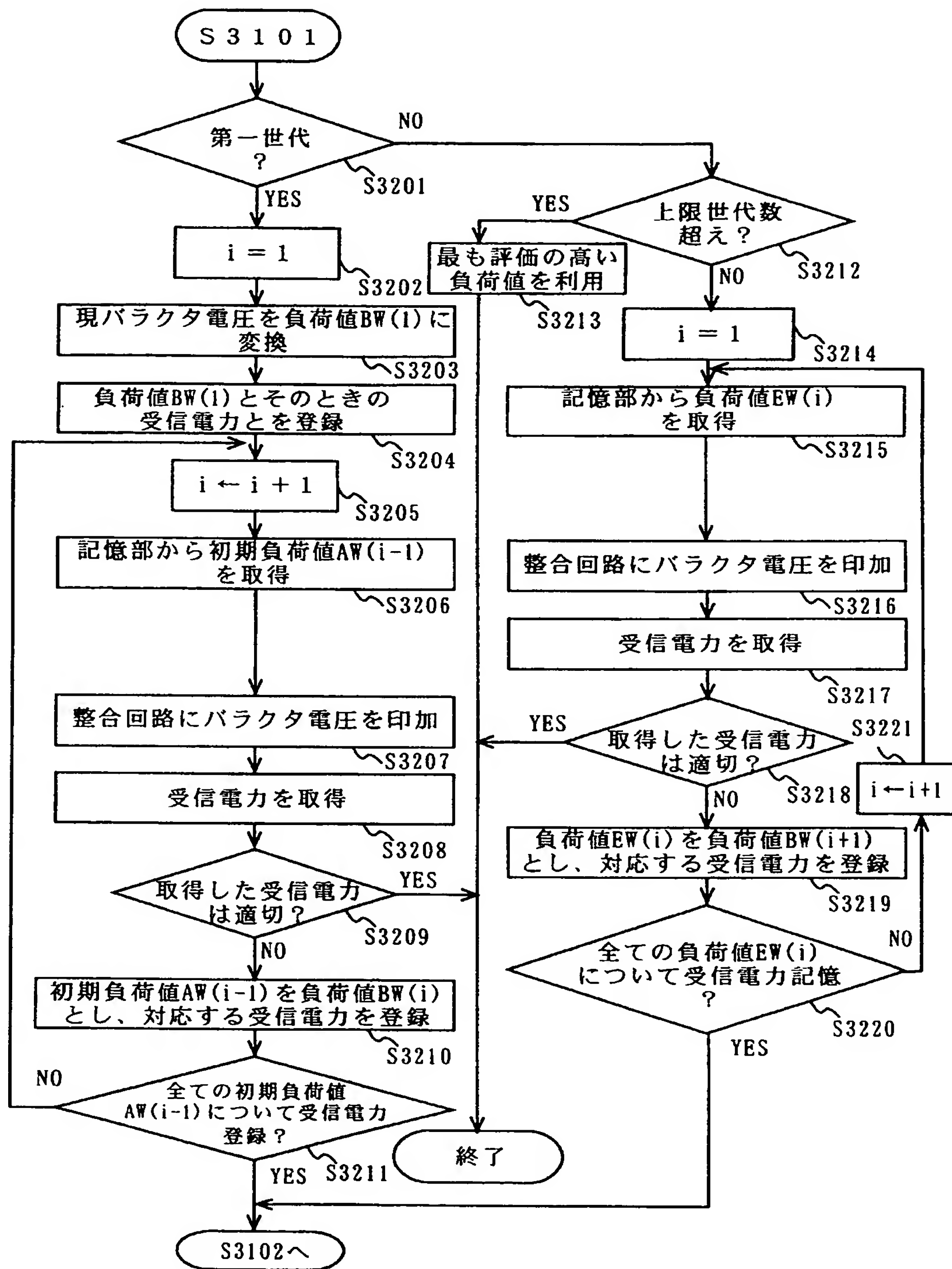
[図56]

付加値受信テーブル		
無線LAN用初期負荷値		
番号	バラクタ電圧	
	206	207
EW(1)	0.6V	1.1V
EW(2)	1.7V	2.3V
EW(3)	1.6V	1.65V
EW(4)	1.55V	1.33V

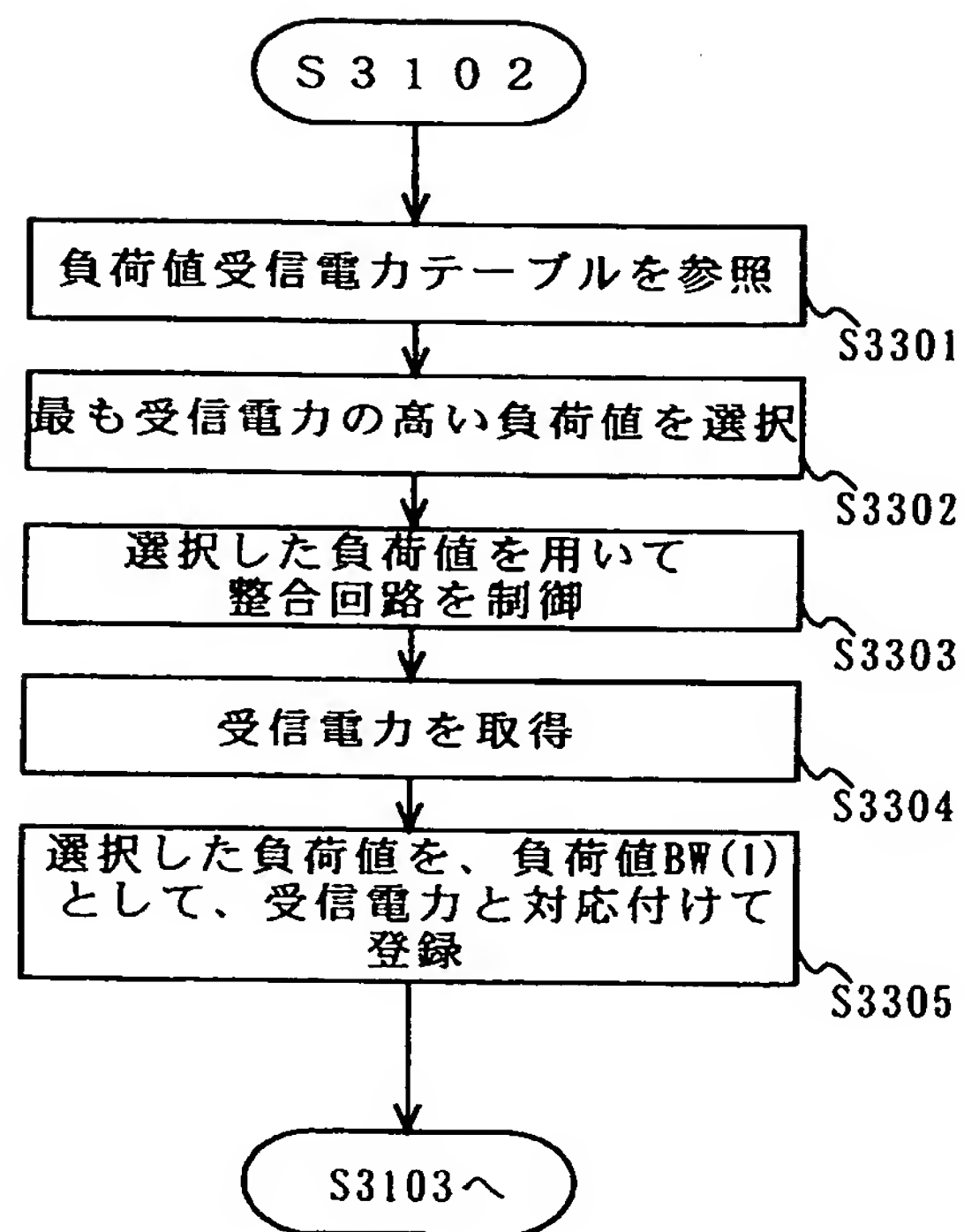
[図57]

付加値受信テーブル			
無線LAN用初期負荷値			受信電力
番号	バラクタ電圧		
	206	207	
BW(1)	1.6V	1.65V	R S S S I 5
BW(2)	0.6V	1.1V	R S S S I 6
BW(3)	1.7V	2.3V	R S S S I 7
BW(4)	1.6V	1.65V	R S S S I 8
BW(5)	1.55V	1.33V	R S S S I 9

)

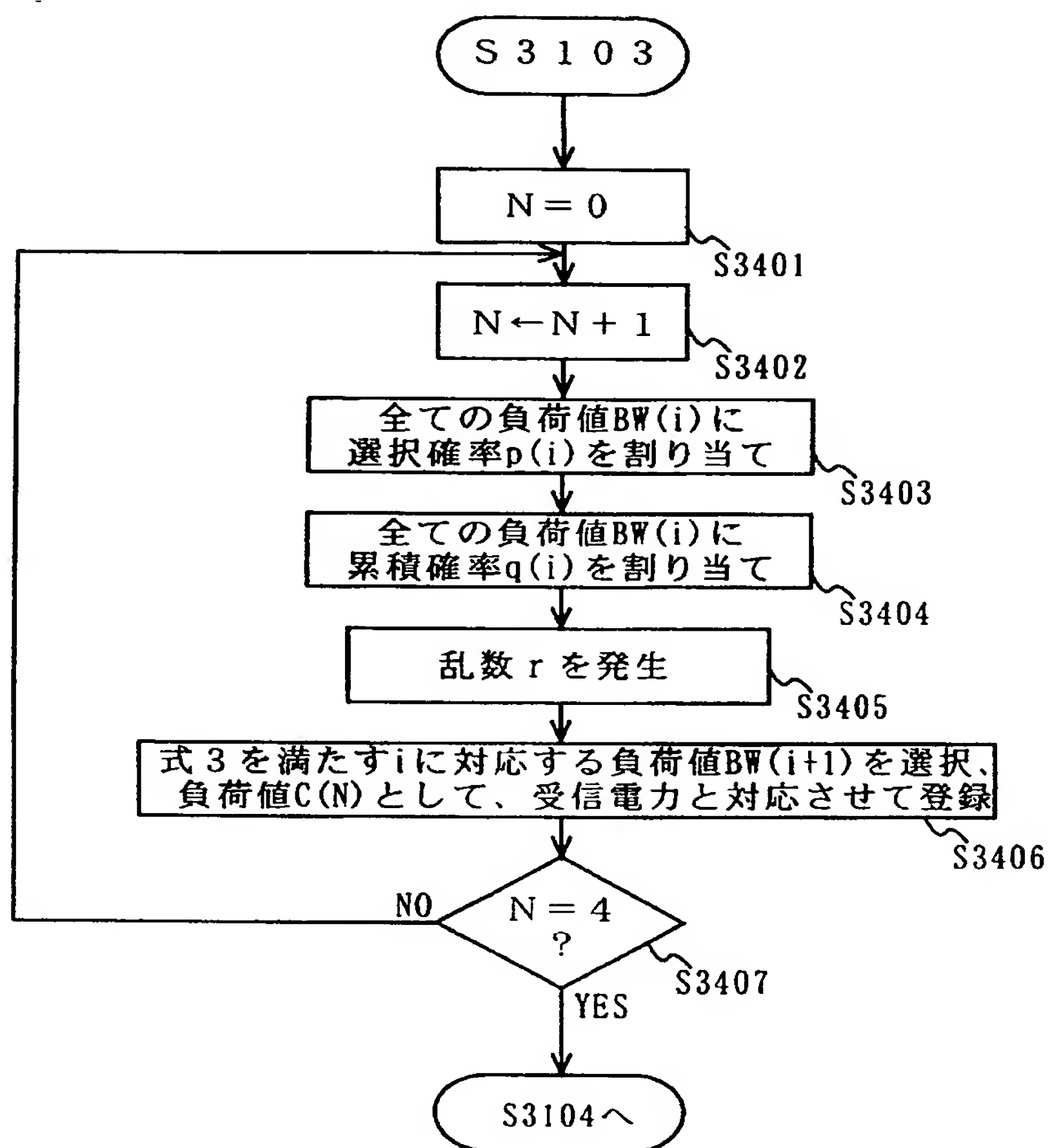


[図59]

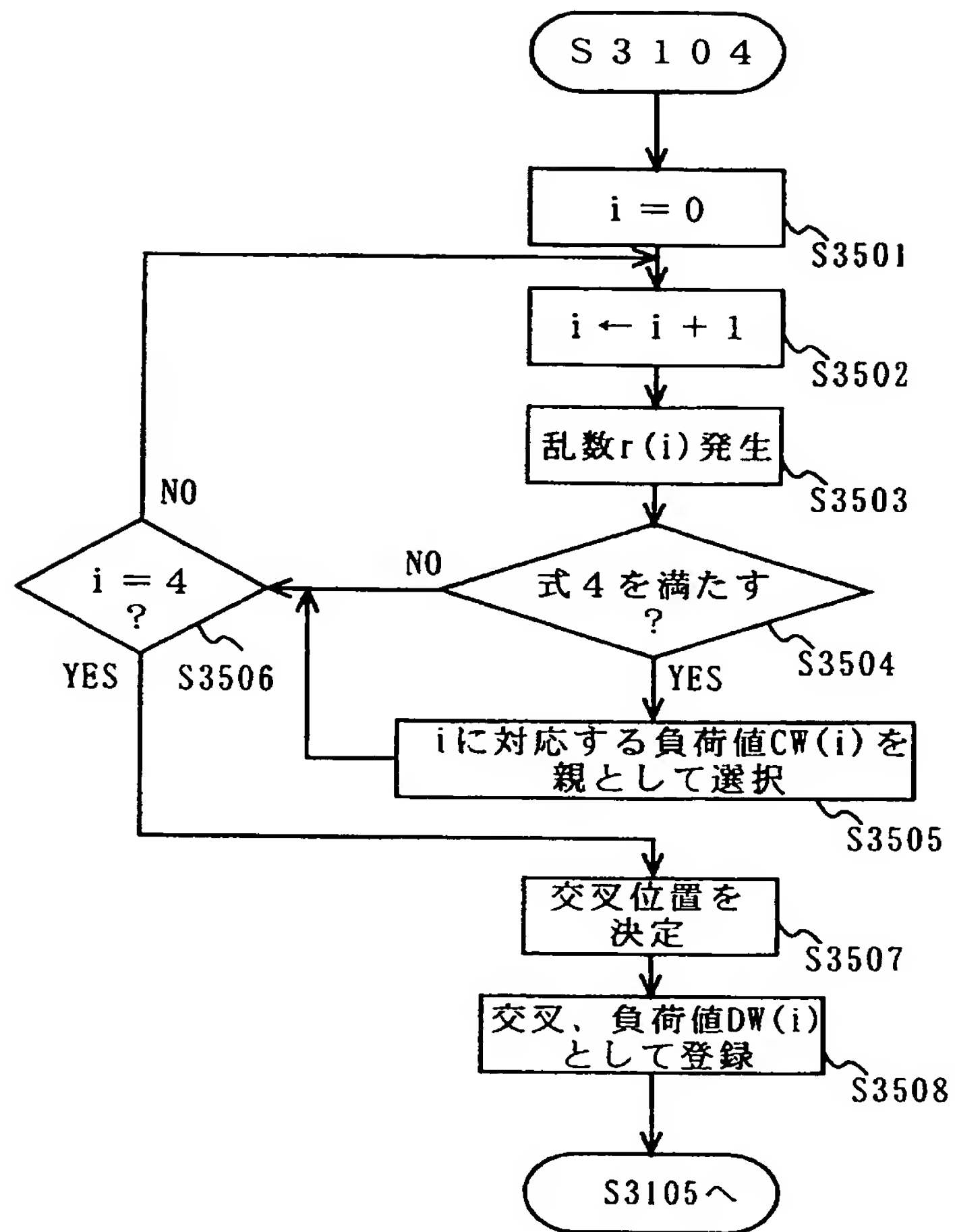




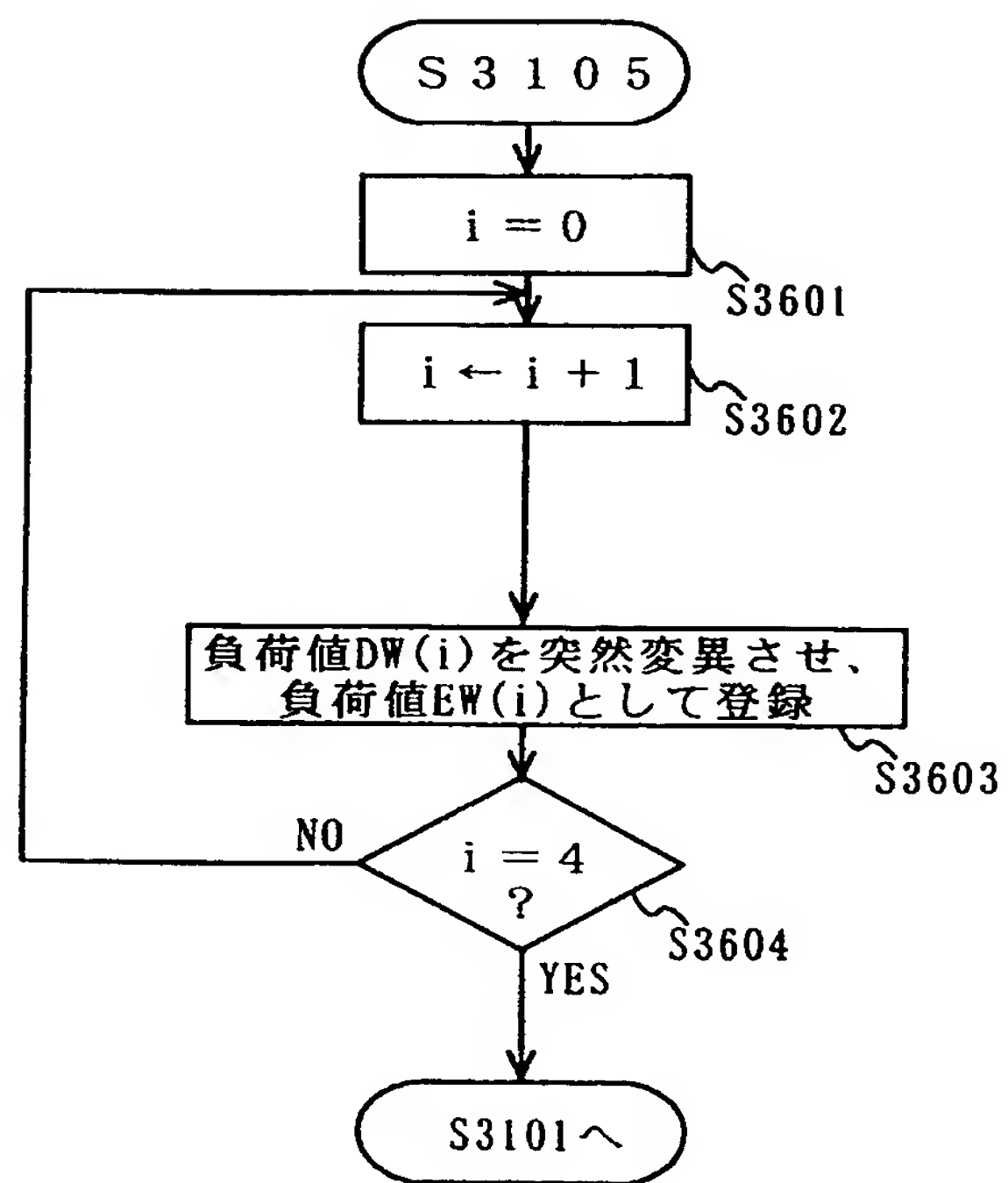
[図60]



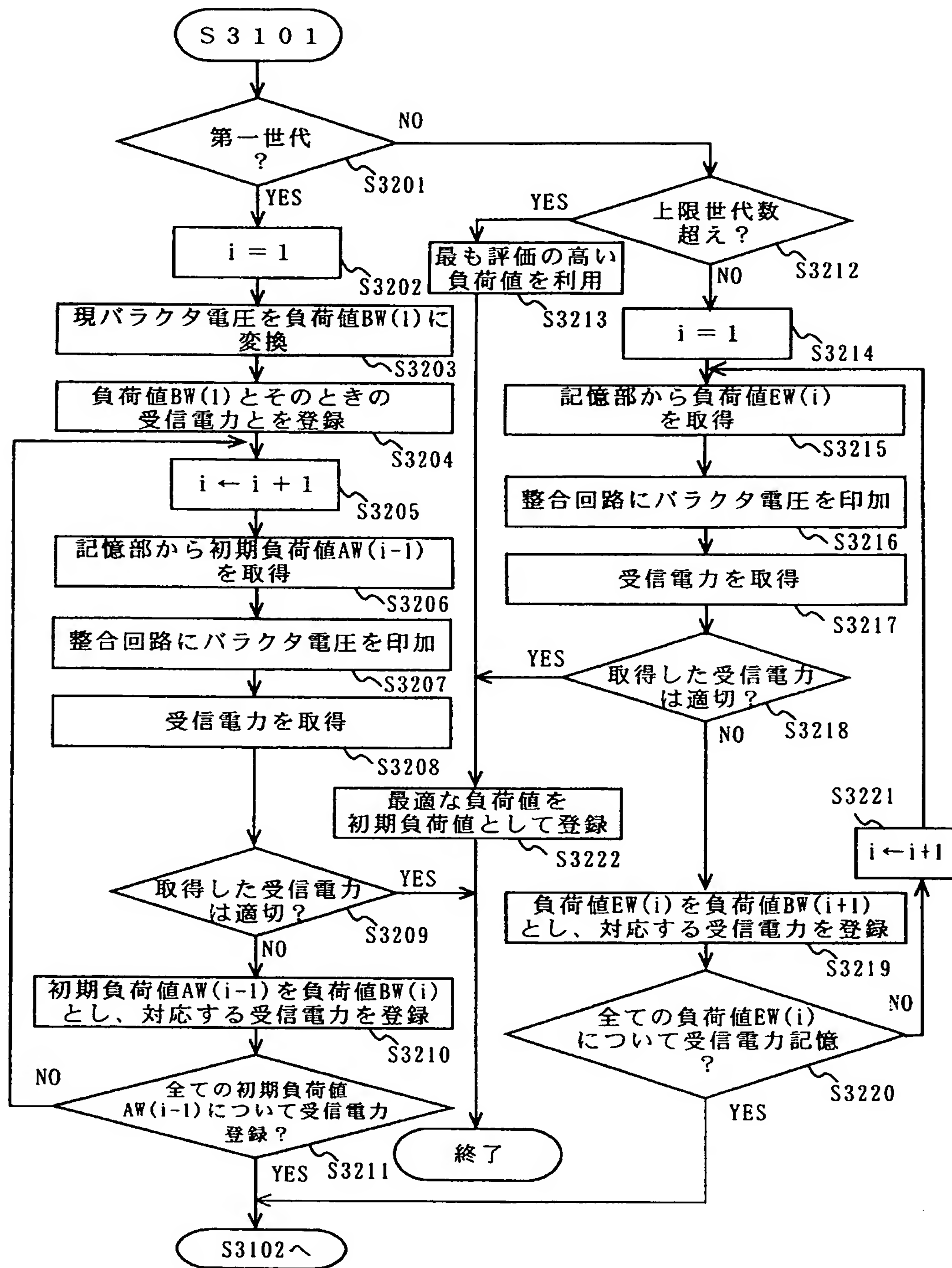
[図61]



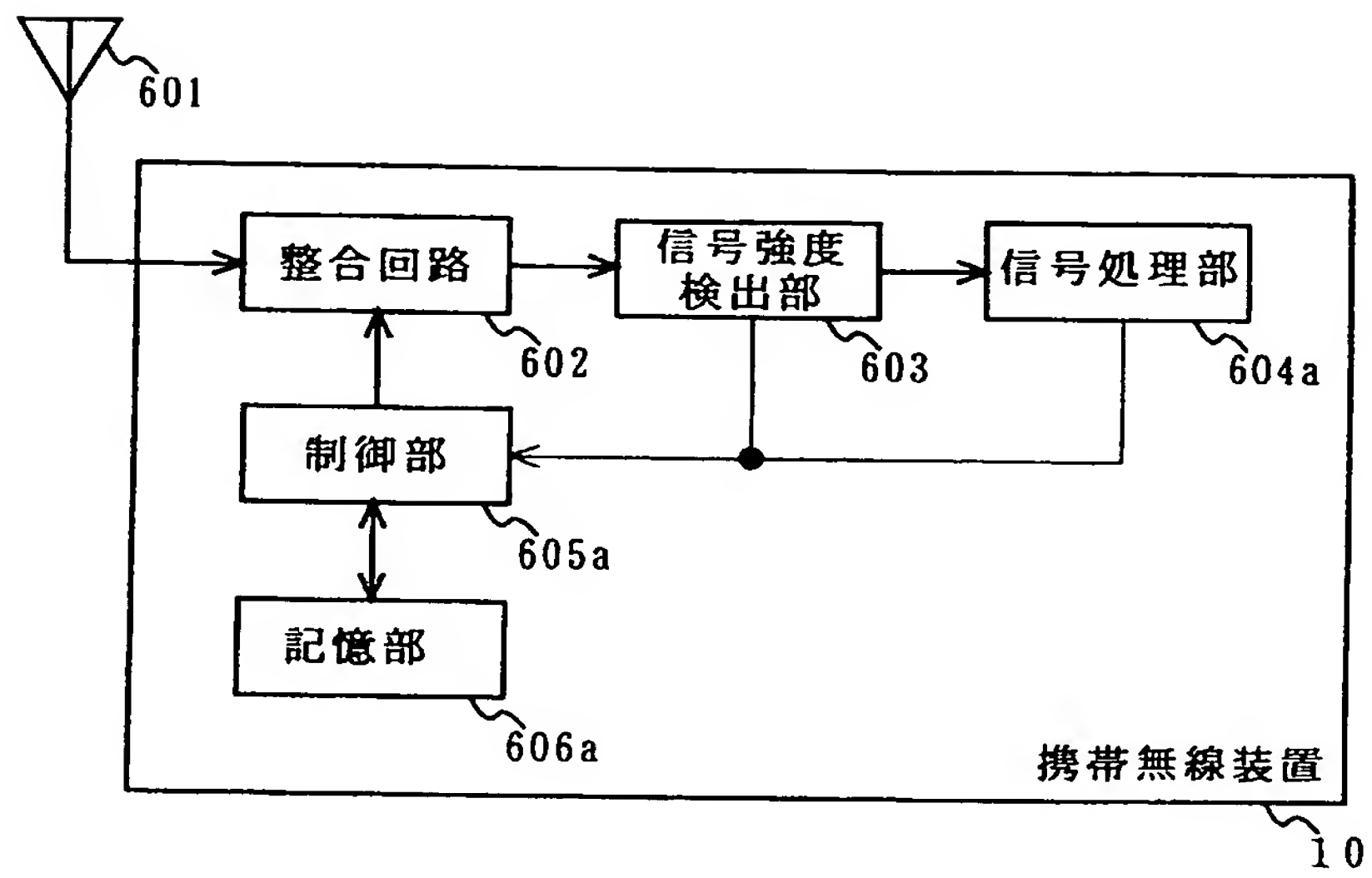
[図62]



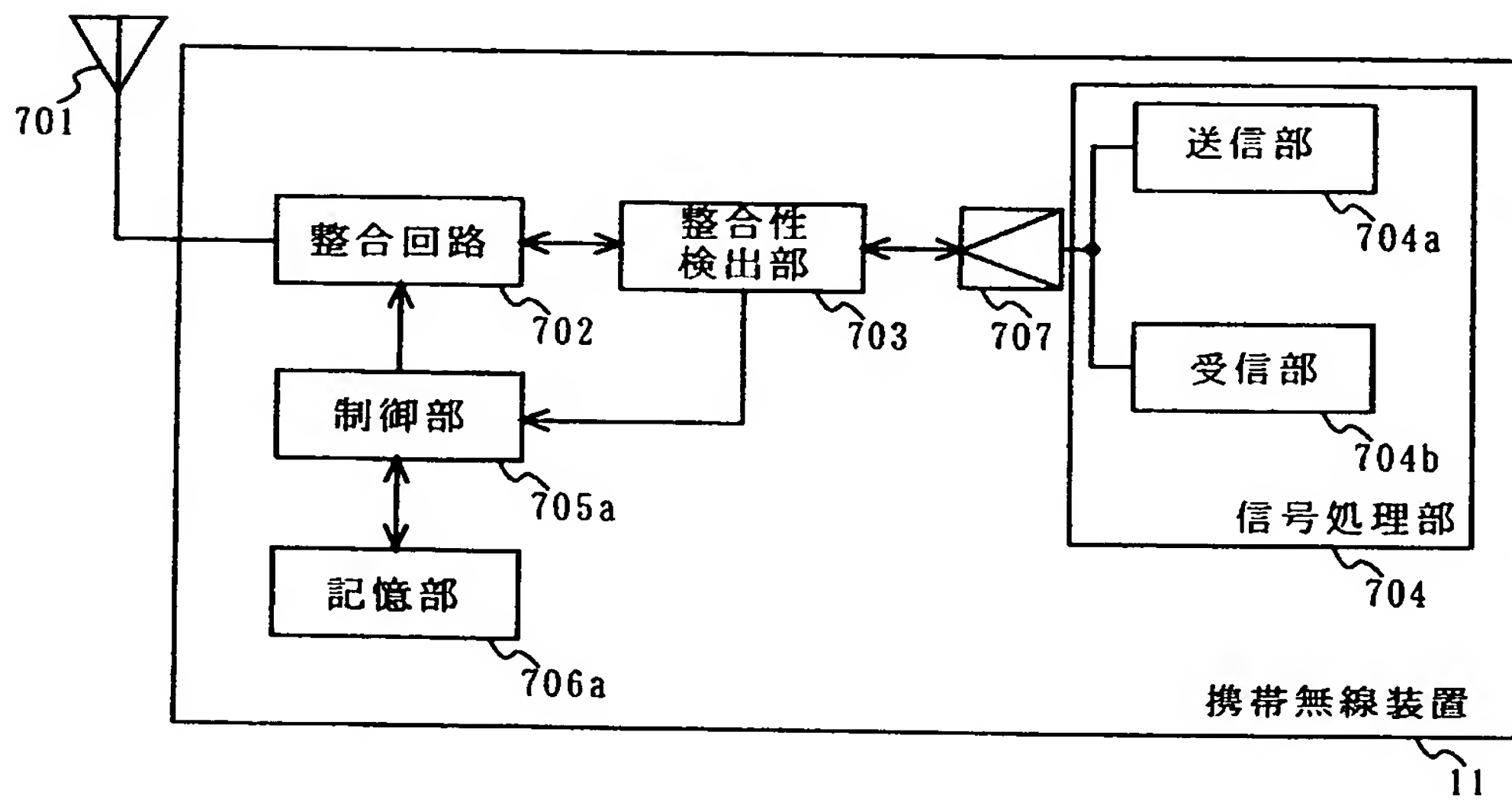
)



[図64A]

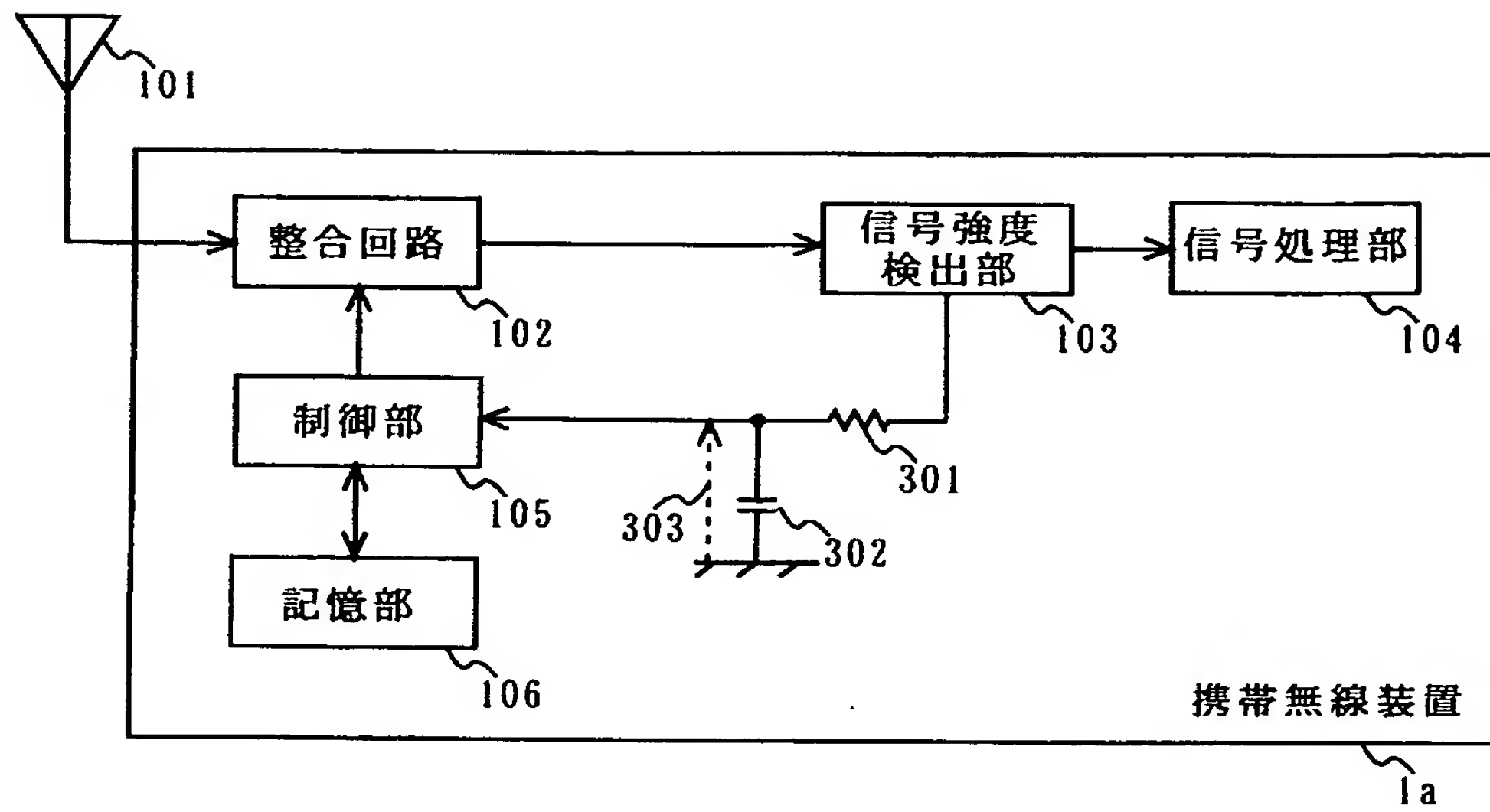


[図64B]

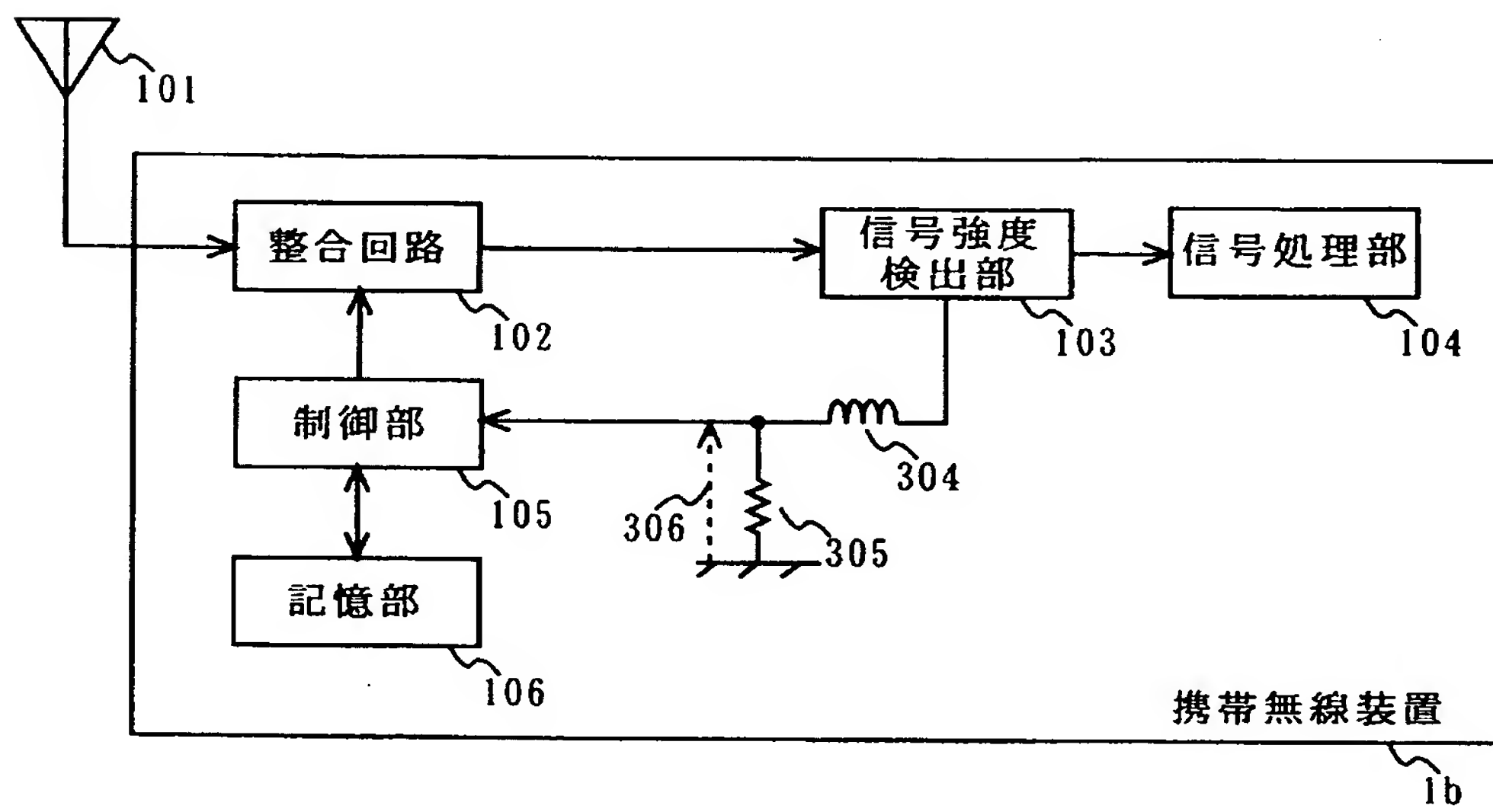




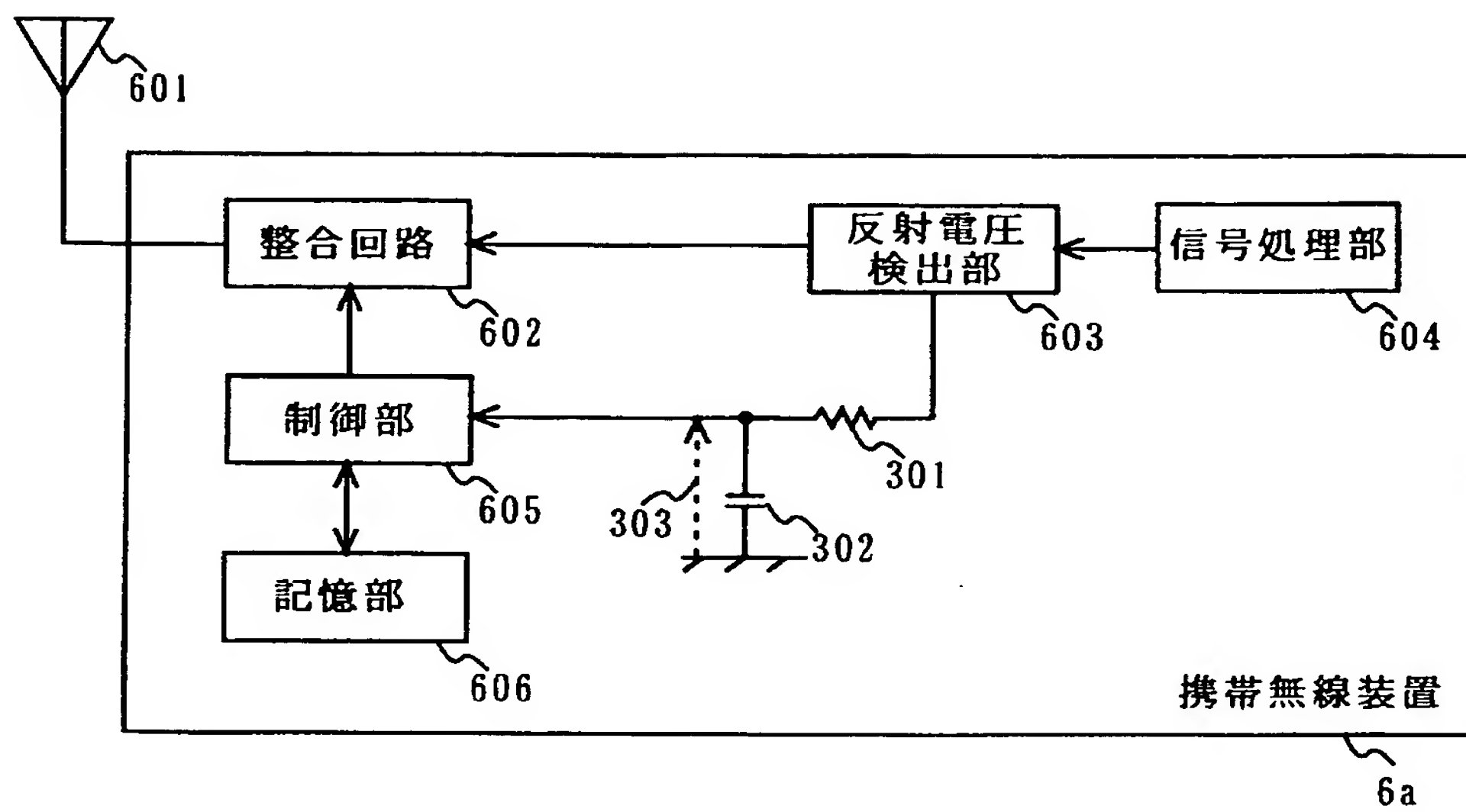
[図65A]



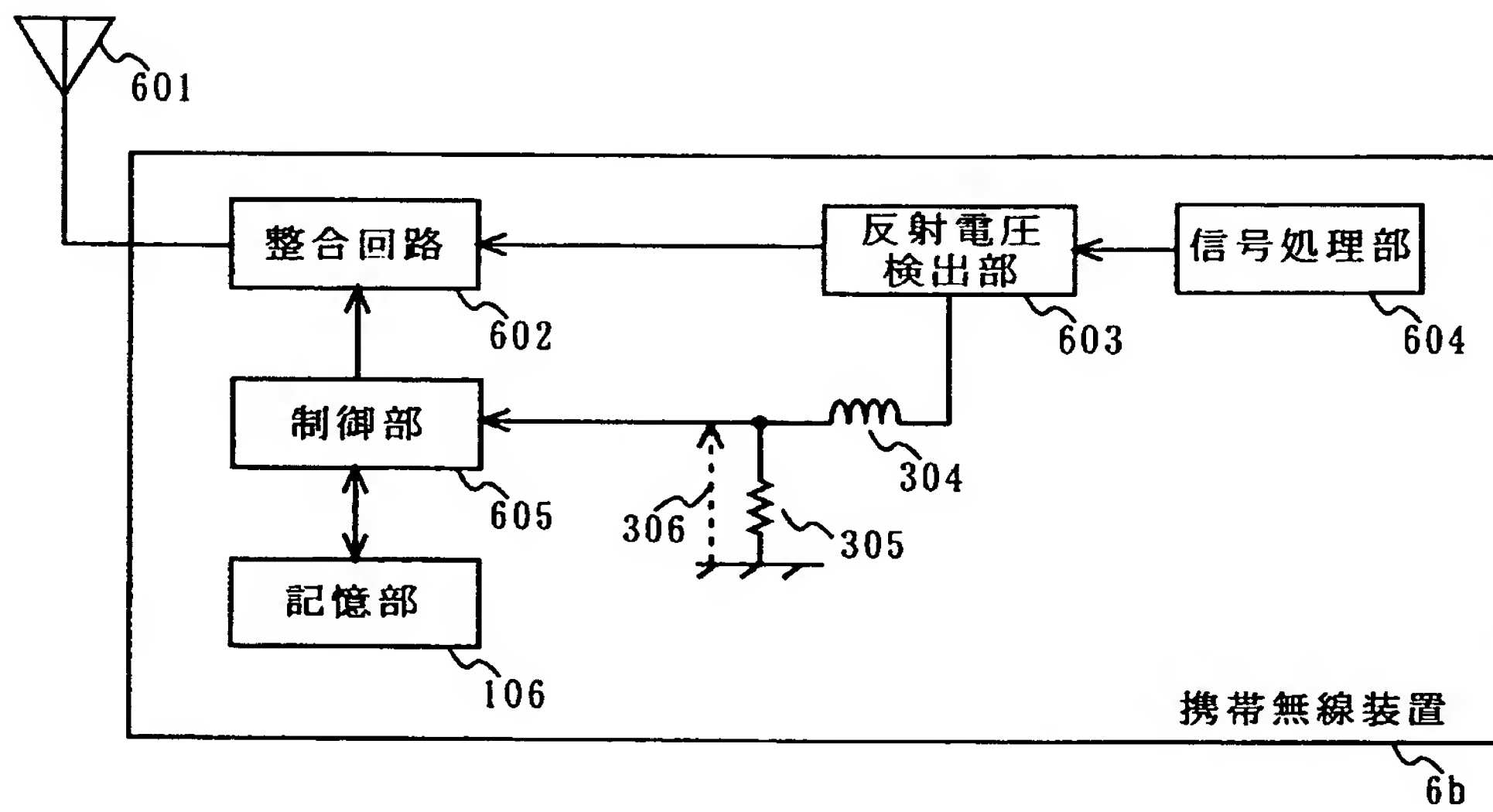
[図65B]



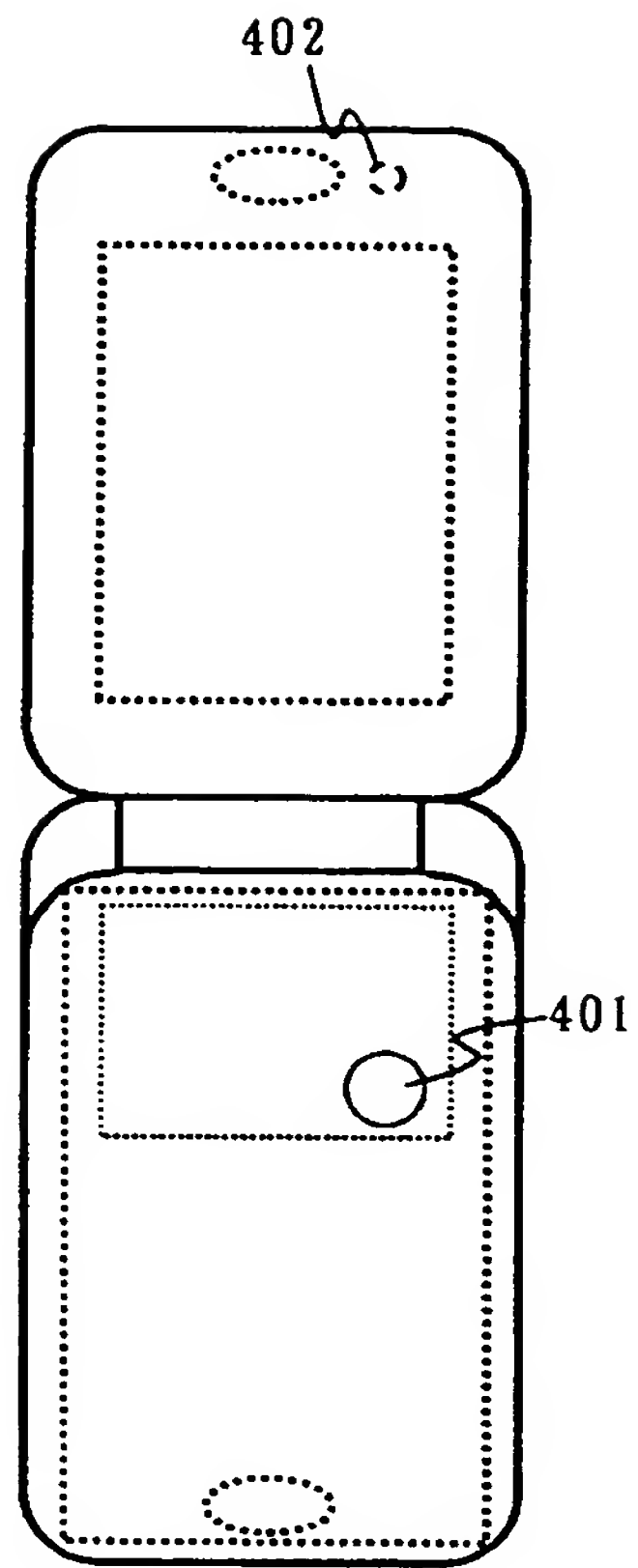
[図65C]



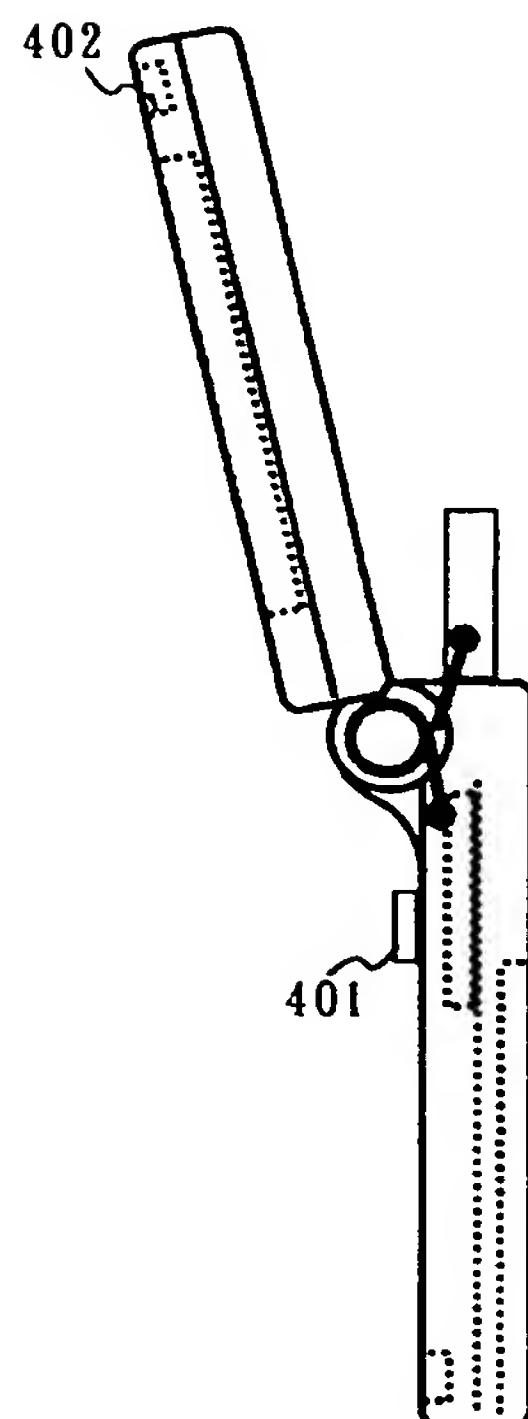
[図65D]



[図66A]



[図66B]



[図67]

